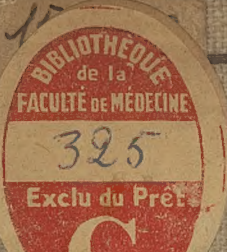
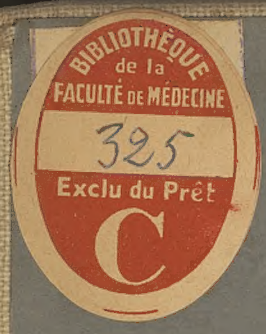


ERIK NORDENSKIÖLD

GESCHICHTE DER BIOLOGIE



JENA, GUSTAV FISCHER


BIBLIOTHÈQUE
de la
FACULTÉ DE MÉDECINE
325
Exclu du Prêt
C

Die Geschichte der Biologie

Ein Überblick

Von

Erik Nordenskiöld

Deutsch von

Guido Schneider





Jena
Verlag von Gustav Fischer
1926

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorwort zur deutschen Ausgabe.

Diese Arbeit, die hier in deutscher Sprache erscheint, ist hervorgegangen aus einem an der Universität zu Helsingfors in den Jahren 1916—1917 gehaltenen Vorlesungskursus. Sie erschien in schwedischer Sprache in drei Teilen während der Jahre 1920—1924 und sollte einen Überblick über die Entwicklung der biologischen Wissenschaft im Laufe der Zeiten und im Zusammenhang mit der allgemeinen Entwicklung der menschlichen Kultur geben. Als ein Glied der allgemeinen Kulturgeschichte betrachtet, dürfte die Geschichte der biologischen Probleme auch für einen größeren Leserkreis von Interesse sein, nicht nur für die Studierenden der Hochschulen, für die das Buch in erster Linie bestimmt ist. Hinsichtlich der neuesten Zeit konnte eine Darstellung im Rahmen des vorliegenden Buches nur äußerst summarisch ausfallen. Eine eingehendere Kenntnis der Forschungsergebnisse in den einzelnen Teilgebieten der Biologie gewinnt man übrigens am besten aus der Fachliteratur, deren Werke in der Mehrzahl der Fälle einleitend eine historische Übersicht geben. Der Verfasser hat sich nach Möglichkeit in seiner Darstellung an die theoretischen Grundsätze und allgemeinen Richtlinien gehalten, die in der Forschung hervortreten, da sie obwohl von kulturhistorisch sehr wesentlicher Bedeutung, dennoch nicht oft übersichtlich zusammengestellt worden sind. Nach diesem Prinzip ist auch für jede Richtung eine Anzahl typischer Vertreter unter den Denkern und Forschern ausgewählt und geschildert worden, während eine erschöpfende Übersicht weder angestrebt wurde, noch auch erreicht werden konnte. Die Auswahl der zu schildernden Persönlichkeiten geschah auf Grund einer Prüfung, die natürlich einen gewissermaßen subjektiven Charakter haben mußte. Mancher verdienstvolle Spezialforscher mußte ungenannt bleiben, obgleich seine Leistungen von bleibendem Wert sind, während andere, an und für sich vielleicht weniger bedeutende, angeführt wurden, weil sie in der allgemeinen Kulturentwicklung und in der sie charakteri-

sierenden Erörterung eine Rolle spielen. Im Hinblick auf die allgemeine Kulturentwicklung war es ferner geboten, Vertreter der wissenschaftlichen Entwicklung verschiedener Länder zu berücksichtigen, um ein möglichst allseitiges Bild vom Zustande der Naturwissenschaften in unseren Tagen und von den Beiträgen der verschiedenen Nationen zu gewinnen.

Stockholm, im Mai 1925.

Der Verfasser.

Inhalt.

Die Biologie im klassischen Altertum und im Mittelalter.

Die Biologie während der Renaissancezeit.

Die Biologie im 17. und 18. Jahrhundert.

Die Biologie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Von Darwin bis zu unserer Zeit.

Die Biologie im klassischen Altertum und im Mittelalter.

Kapitel I.

Die Entwicklung der Biologie bei den Naturvölkern und den orientalischen Kulturnationen.

Die ersten Anfänge alles naturwissenschaftlichen Wissens sind in den Beobachtungen zu suchen, die der Mensch noch in primitivem Kulturzustande im Laufe von Jahrtausenden in vorgeschichtlicher Zeit gesammelt hat. Dieses empirische Volkswissen, das die Völkerkunde unserer Tage aus historischen und volkspsychologischen Gesichtspunkten bearbeitet, ist nicht nur der Ausgangspunkt für alles wissenschaftliche Denken gewesen, sondern hat auch bis in die neueste Zeit in gewissem Maße die wissenschaftliche Forschung beeinflußt, ihren Vorrat an Tatsachen durch Beobachtungsmaterial vermehrt und gelegentlich sogar Probleme gestellt, die in der Wissenschaft behandelt wurden. Diese Spekulationen des primitiven Menschen über das Leben standen natürlicherweise unter dem Einfluß seiner Lebensweise in verschiedenen Klimaten und seiner sonstigen Lebensbedingungen. Ihnen allen jedoch gemeinsam war wohl, daß das Aufhören des Lebens, der Tod, das Erste war, was zum Nachdenken über das Leben anregte. Und für den Wilden ist in der Tat das, was wir einen natürlichen Tod nennen, das Wunderbarste, — daß der Mann im Kampf gegen Feinde oder wilde Tiere fällt, gehört ja zur Tagesordnung, aber daß bei einem gesunden Menschen die Kräfte plötzlich und ohne sichtbare Ursache zu schwinden beginnen und das Leben mit oder ohne Schmerzen aufhört, ist etwas, wohinein man sich nicht so ohne weiteres finden kann. Und die Sache wird noch wunderbarer dadurch, daß der Verstorbene sich immer und immer wieder den Hinterbliebenen im Traume zeigt. Solche Träume sind die Ursache gewesen des Glaubens an Doppelgänger, Gespenster und Geistermächte verschiedener Art — sowohl freundliche, als auch

übelgesinnte, und dieser Glaube hat seinerseits Maßnahmen veranlaßt, von den wohlwollenden Geistern Vorteile zu erlangen und die Ränke der übelwollenden abzuwehren. Es wurden demgemäß die Körper der Toten verschiedener Behandlung unterworfen — sie wurden entweder verbrannt oder auf andere Weise vernichtet, um ihnen das Wiedererscheinen unter den Lebenden ganz unmöglich zu machen, oder aber durch Skelettierung oder Balsamierung sorgfältig konserviert, um den Verstorbenen gegen die Überlebenden freundlich zu stimmen. Solche Manipulationen an Leichen vermittelten die ersten Kenntnisse über die Anatomie des menschlichen Körpers, während Beobachtungen über den Verlauf des Sterbens schon gewisse physiologische Vorstellungen schufen. Man lernte den Herzschlag beobachten und sah, daß das Leben von seinem Vorhandensein oder Fehlen abhängig ist. Man konstatierte also im Herzen das Lebensorgan selbst. Auch in der Atmung sah man eine Lebensbedingung, und namentlich der tiefe Atemzug, der ja so oft im Augenblick des Sterbens erfolgt, erweckte die Vorstellung, als sei das Leben eine Art Luft, die in Abhängigkeit von den Atemorganen den Körper durch diese verläßt. Auf mittelalterlichen kirchlichen Gemälden sieht man diesen Glauben in besonders naiver Weise wiedergegeben — man sieht die Seele des Sterbenden den Körper in Gestalt eines kleinen Kindes verlassen, das durch den Mund herauskriecht. Auch das Wort der biblischen Schöpfungsgeschichte: Gott blies dem Menschen den lebendigen Odem in die Nase, zeugt von jener Vorstellung. Eine weitere Stufe in der Entwicklung dieser Vorstellungen ist der Glaube, daß der Geist weiterlebe, wenn auch der Körper stirbt. In den Spekulationen der ältesten Naturphilosophen sehen wir den aus den oben geschilderten Ideen hervorgegangenen Gegensatz zwischen Körper und Geist als einen wichtigen Teil derselben.

Indessen begegnen sich bei den primitiven Menschen diese aus dem Gegensatz zwischen Tod und Leben hervorgegangenen Vorstellungen mit anderen, die aus seinem Verhältnis zu anderen lebenden Wesen herzuleiten sind. Die großen wilden Tiere, wie z. B. die Bären, Löwen und Elefanten u. a., waren schwer zu besiegen, und oft mußte man suchen, sich gut mit ihnen zu stellen, soweit solches möglich war. Andere Tiere erregten Schrecken durch nächtliches Umherstreifen und grimmige Laute, wie Hyänen und Eulen, und etliche besaßen wiederum beneidenswerte Eigenschaften, der Fuchs List, der Hirsch Schnelligkeit usw. Alles dieses erzeugte eine Menge von abergläubischen Vorstellungen hinsichtlich der Tiere, die im Leben nicht nur wilder, sondern auch zivilisierter Völker eine bedeutende Rolle spielen. Weitere Entwicklungsformen derselben sehen wir in dem sogenannten Totemismus, der bei gewissen wilden Völkern vorkommenden Sitte, bestimmte Tiere

als eine Art von Schutzgeistern oder Wahrzeichen von Stämmen und Familien anzusehen, und in der Verehrung heiliger Tiere, die noch bei so hoch kultivierten Völkern, wie den Ägyptern und Römern eine große Rolle spielte. Dieser Tierglaube hat natürlich das Interesse für die Tiere und die Kenntnisse von ihnen vermehren helfen, da einerseits die Lebensgewohnheiten der als Gottheiten verehrten, andererseits die Anatomie von Opfertieren auf das Genaueste untersucht wurden; letzteres geschah ja bekanntlich zu dem Zweck, im inneren Bau der Tiere Vorzeichen kommender Ereignisse zu finden.

Eine dritte besonders wichtige Quelle biologischen Wissens war schließlich die Heilkunst. Die ersten Anfänge der Chirurgie, die ersten Versuche Körperschäden verschiedenen Ursprungs zu heilen, konnten nicht umhin, mit der Zeit einige Kenntnis von der Anatomie des menschlichen Körpers zu geben, die durch Vergleich mit den beim Schlachten wilder und zahmer Tiere gewonnenen Erfahrungen vermehrt wurde. Hinsichtlich der eigentlichen Krankheiten gilt dagegen dasselbe, was hier über den Tod gesagt wurde, — mangels natürlicher Erklärungsmöglichkeit glaubte man an übernatürliche Ursachen. Hieraus entstand der Glaube an Verhexungen jeglicher Art, der sich erstaunlich lange selbst bei Kulturvölkern erhalten hat und einen der dunkelsten Abschnitte in der Kulturgeschichte der Menschheit bildet. Unheil, das übernatürliche Mächte schickten, konnte nur durch entsprechende Mittel gehoben werden. Daher ist auch bei allen Völkern die älteste Heilkunst magisch — man suchte das Übel zu entfernen, indem man Zauber gegen Zauber anwandte. Indessen konnte man Regelmäßigkeiten im Verlauf gewisser Krankheitsprozesse nicht übersehen und mußte aus ihnen Schlüsse über die Funktionen des Körpers im kranken und gesunden Zustande ziehen. Gesammelt bildeten solche Wahrnehmungen zum Teil die Uranfänge der Physiologie und Pathologie. Hand in Hand hiermit entwickelte sich die Lehre von den Heilmitteln, die sich ursprünglich auf Experimenten meist zu magischen Zwecken aufbaute, indem man mittels erfahrungsgemäß giftigen oder sonst den Lebensprozeß beeinflussenden Pflanzen operierte. Durch derartige Beobachtungen wurde die Kenntnis vom Lebensprozeß noch mehr ausgebaut.

Die Kenntnisse, deren Herkunft soeben nachgewiesen wurde, waren jedoch keineswegs Gemeingut. Gerade das Übernatürliche und Geheimnisvolle, das ihnen anhaftete, machte sie zu einem Privilegium gewisser, hierfür besonders qualifizierter Personen, der Zauberer und Opferpriester, unter denen sie sich als Berufsgeheimnisse forterbten, bis mit der Zeit eine Scheidung sich vollzog, indem die magischen und rituellen Gebräuche das Sondergebiet der Priester wurden, während das Sammeln von Kenntnissen über die Natur, frei von den Fesseln der

Magie, von unabhängigen Forschern zu einem selbständigen Wissensgebiet ausgebildet wurde. Das Volk, bei dem zuerst die Naturwissenschaft selbständig auftrat, waren die Griechen. Aber lange bevor die griechische Kultur auf dem Schauplatz der Geschichte erscheint, haben orientalische Völker historische Zeugnisse ihrer Zivilisation hinterlassen, die um so mehr Beachtung hinsichtlich ihrer Anfänge biologischen Wissens verdient, als die Kultur der Griechen in hohem Grade von der orientalischen beeinflußt worden ist.

Als Urheimat der menschlichen Zivilisation wird zurzeit allgemein Babylon angesehen, wo sich eine hohe Kultur unter wechselnder Vorherrschaft verschiedener Volksstämme bis in das spätere Mittelalter erhalten hat. Die „orientalische Weisheit“, die in der mystischen Literatur aller Zeiten eine so große Rolle spielt, stammt mehr oder weniger auf Umwegen ebenfalls von dort. In der Tat spielt seit den ältesten Zeiten das Mystische und das Magische eine vorherrschende Rolle im Wissen jenes Landes, was augenscheinlich darauf beruht, daß alle Gelehrsamkeit und ihre Ausbildung sich in den Händen einer mächtigen Priesterschaft befand. Auch die Auffassung der Natur wurde dadurch beeinflußt — die früh entwickelte Sternkunde stand im Dienste mystischer Mächte, ebenso die Rechenkunst und die Heilkunde. Letztere war freilich recht vorgeschritten, und die anatomischen Kenntnisse waren nicht gering, wie aus erhaltenen Tonmodellen hervorgeht, die Eingeweideteile des Körpers darstellen und beweisen, daß Obduktionen von Leichen stattfanden, obgleich der Orientale im allgemeinen sonst eine abergläubische Scheu vor den Toten und ihren Doppelgängern hegt. Aus erhaltenen medizinischen Schriften geht hervor, daß man das Herz für den Sitz des Verstandes und die Leber für das Organ des Blutkreislaufes ansah. Man unterschied helles und dunkles Blut — arterielles und venöses. Die Kenntnis der höheren Tierformen war, wie erhaltene Namensverzeichnisse zeigen, recht bedeutend, und Könige und Fürsten hielten seltene Tiere lebend in ihren Gärten. Sogar Tierärzte werden auf erhaltenen Inschriften erwähnt.

Auch das andere von den beiden ältesten Kulturländern des Ostens, Ägypten, hatte eine früh entwickelte Heilkunde, die nicht nur auf Aberglauben, sondern auch auf wirklichen Beobachtungen basiert war. Die zeitig ausgebildete religiöse Sitte, die Leichen vor Verwesung durch Skelettierung zu bewahren, und die später aufkommende Balsamierung gaben Gelegenheit zu anatomischen Studien, die der ärztlichen Kunst zugute kamen. Die heiligen Tiere wurden ebenso sorgfältig studiert, und es sind Schriften gefunden worden, die die Entwicklungsgeschichte des heiligen Pillendrehers und die Metamorphose des Frosches und der Fliege behandeln. Auch die in Ägypten so außerordentlich zahlreichen

parasitischen Würmer waren Gegenstand für Beobachtung und Spekulation.

Was schließlich das israelitische Volk betrifft, so lag dessen kulturelle Bedeutung auf einem ganz anderen Gebiete als dem naturwissenschaftlichen, nämlich auf dem ethisch-religiösen. Seine materielle und damit zugleich auch seine naturwissenschaftliche Kultur hatte es von seinen mächtigen, früher entwickelten Nachbarvölkern entliehen, diese kann daher hier übergangen werden. Übrigens hat die im alten Testament überlieferte israelitische Naturauffassung bis in unsere Tage aus religiösen Gründen eine tiefgehende Bedeutung gehabt. Die sechs Schöpfungstage als ein in rein naturwissenschaftlichen Welttheorien mitredender Faktor sind zu sehr bekannt, um hier des weiteren besprochen zu werden. Die Bestimmungen der mosaischen Gesetze über reine und unreine Tiere sind ebenso von großer Bedeutung für die Naturauffassung der christlichen Völker gewesen. — Und in gewissen Kreisen wird ja heute noch lebhaft über die bekannte Frage vom wiederkäuenden Hasen debattiert. Und sicher werden noch bis in ferne Zukunft die religiös-dogmatischen Denkrichtungen, die zu allen Zeiten einen mächtigen Einfluß auf die menschliche Kulturentwicklung ausgeübt haben und wohl auch ausüben werden, von dieser Seite her beeinflußt werden.

Die ostasiatischen Kulturvölker, die Inder und Chinesen, sind gleichfalls von sehr geringer Bedeutung für die Entwicklung der biologischen Wissenschaften gewesen. Die indische Wissenschaft erreichte besonders in der Mathematik eine hohe Stufe, und die Neigung dieses Volkes für Beschäftigung mit Ziffern zeigt sich unverkennbar auch auf anderen Gebieten. So gibt z. B. eine indische medizinische Arbeit an, der menschliche Körper habe sieben Häute, 300 Knochen, 107 Gelenke, 900 Sehnen, 700 Blutgefäßzweige und 500 Nerven. Aber über die Funktionen dieser Organe hatte man äußerst kindliche Vorstellungen, und auch die verschiedenen Flüssigkeiten und Luftarten, die den Stoffwechsel des Körpers besorgen, interessieren mehr durch ihre Anzahl als durch ihre Funktionen. Die chinesiche Kultur dagegen beschäftigte sich im wesentlichen mit ethisch-sozialen Fragen. Die Medizin dieses Volkes steht im ganzen nicht viel höher, als bei den Naturvölkern, wenn auch gewisse vereinzelte Leistungen, z. B. die Pockenimpfung, auf seine Erfahrungen zurückgeführt werden dürfte. Auch die Tierkunde hat keine Fortschritte zu verzeichnen — schon ein Jahrtausend v. Chr. wird ein kaiserlicher zoologischer Garten erwähnt, aber ein eingehenderes Studium der kausalen Zusammenhänge in der lebenden Natur hat nie im Rahmen des Interessenkreises der Chinesen gelegen.

Kapitel II.

Die älteste griechische Naturphilosophie.

Wenn es auch den Babyloniern und Ägyptern gelungen ist, ein ziemlich bedeutendes Material in Form einzelner naturwissenschaftlicher Tatsachen zu sammeln, blieb es doch der griechischen Nation vorbehalten, aus diesen Tatsachen eine folgerichtig durchgeführte Auffassung der Natur abzuleiten, die zwar nicht frei von mystischen und magischen Einflüssen war, aber dennoch immer mehr auf eine natürliche Erklärung der Daseinsgesetze hinarbeitete. Viel ist darüber nachgedacht worden, warum gerade dieses wenig zahlreiche und dabei politisch zersplitterte Volk eine so mächtige Entwicklung des menschlichen Gedankens bei sich erlebt hat. Die tiefste Ursache hierfür ist wohl in dem viel besprochenen und doch im Grunde so unerklärlichen Nationalcharakter zu suchen — der allgemeinen geistigen und kulturellen Veranlagung des Volkes. Daher dürfte es angezeigt sein, auf seine Lebensäußerungen in rein sozialer Hinsicht einen Blick zu werfen, um hierdurch zur Auffassung derjenigen äußeren Entwicklungsmöglichkeiten zu gelangen, die dem freien Gedanken hier zur Verfügung standen.

Das Griechenvolk ist bekanntlich nie zu politischer Einheit gelangt; es verharrte bei seiner Zersplitterung in eine Menge voneinander unabhängiger, kleiner Staatenbildungen, die gewöhnlich aus einer Stadt mit umgebendem Landterritorium bestanden. Handel und Seefahrt waren mehr als Ackerbau die Haupterwerbsquellen des Volkes. Die Übervölkerung führte zu einer großartigen Kolonisation der Küsten des Mittelmeeres. Die Kolonien, die von Anfang an von der Mutterstadt unabhängig waren, organisierten sich nach ihrem Muster. Es herrschte ein starkes Vaterlandsgefühl, das durch Sitte und Gesetz aufrecht erhalten wurde. Außerhalb der Grenzpfähle seiner Stadt war der Grieche ein rechtloser Fremdling, ohne Möglichkeit anderswo bürgerliche Rechte zu erwerben, und des Trostes der Religion verlustig. Die Religion war nämlich ebenso lokalisiert wie das Staatswesen — jede Stadt hatte ihre Götter, die nur von ihren Bürgern und innerhalb ihrer Grenzmarken angebetet werden konnten. Eine solche Lokalreligion mußte natürlich primitiv sein und blieb es auch während der Glanzzeit der griechischen Kultur. Aber gerade dieser Mangel einer höher entwickelten Religion war eine wichtige Vorbedingung für die Ausbildung freien Denkens, wie sie hier vor sich ging, — hier gab es keine Priesterkaste, wie in Babylon, Ägypten und Indien, die sich alle höhere Wissenschaft vorbehielt und dafür sorgte, daß ihre Ergebnisse nicht in Gegensatz zum uralten Kultus standen. Die religiösen Verfolgungen, welche dennoch

bisweilen auch in Griechenland sich gegen Denker, z. B. Sokrates, richteten, waren eher das Werk des Pöbels, als der berufenen Wächter der Religion, und deshalb rein zufälliger und vorübergehender Art. Dagegen finden wir, daß von den ältesten Philosophen Griechenlands etliche Priester oder wenigstens Söhne von solchen waren. Ebenso wie die Religion im alten Griechenland primitiv war, so waren es auch die Moralbegriffe, — gehorchte man bloß den alten Gesetzen des Staates, so brauchte man sich wenig Gedanken darüber zu machen, was für Pflichten ein Mensch außerdem noch gegen seinen Nächsten und sich selbst zu erfüllen hatte. Die Gedanken konnten sich also frei der Umwelt zuwenden und sich mit Spekulationen darüber befassen, wie die Dinge entstanden und warum die Welt und die lebenden Wesen gerade so wären, wie sie sind. Die ältesten griechischen Denker wurden deshalb Naturphilosophen, während die ethischen Probleme, die beispielsweise beim Volke der Juden und seinen Denkern, den Propheten, vorherrschten, bei den Griechen erst später durch Sokrates aufkamen, um in der spätantiken Zeit ganz das Interesse für die Natur und ihre Vorgänge zu verdrängen.

Diese ältesten Naturforscher der Menschheit arbeiteten unter Verhältnissen, die fast in jeder Hinsicht äußerst primitiv waren. Die Allgemeinbildung der Umgebung war sehr niedrig und wenig verbreitet und blieb in der Tat auch während der Glanzzeit der griechischen Kultur auf einen kleinen Kreis beschränkt. Der öffentliche Unterricht, den der Staat seinen Bürgern angedeihen ließ, war von einfachster Art — in Athen lernten zur Zeit des Perikles, als Griechenlands größte Denker und Dichter dort versammelt waren, die Bürger in den staatlichen Schulen nicht mehr, als die ersten Grundzüge des Lesens, Schreibens und Rechnens, daneben Musik und als Vorbereitung zum Kriegsdienst Gymnastik. In dem konservativeren Sparta scheint zu derselben Zeit die Mehrzahl der Bürger Analphabeten gewesen zu sein. Was der einzelne außerdem noch wissen wollte, mußte er auf eigene Hand, so gut er konnte, zu erlernen suchen. Dazu gab es in den ältesten Zeiten noch nicht einmal Lehrer von Beruf. Gehörte der Wißbegierige einer Priesterfamilie an, so stand ihm das überlieferte Wissen derselben als Grundlage zu Gebote und er war im übrigen angewiesen auf das, was er in der eigenen Stadt von reisenden Fremden oder heimgekehrten Landsleuten erfahren konnte, falls er nicht reich genug war, um selbst Reisen zu unternehmen und in den Häusern kenntnisreicher Männer als Gast sich aufzuhalten. Zum Glück war die Gastfreiheit in Griechenland in jenen alten Zeiten noch unbeschränkt und sie ersetzte gelehrte Schulen und Universitäten, ja sogar Bücher und Schriften. Denn der Mangel an Schreibkundigen beruhte nicht zum kleinsten Teil auf der

Schwierigkeit, Schreibmaterial zu erhalten. Die Ägypter hatten ein billiges Material in ihrem Papyrus, die Chaldäer ein solches in ihren Tontafeln erfunden, aber die Griechen besaßen in der ältesten Zeit nur Metalltafeln und Tierhäute, die kostspielig und unbequem zu verwahren waren. Der Gelehrte war daher gezwungen, seine Ansichten in kurzen, prägnanten Sätzen, am liebsten in Versen, auszudrücken, damit man sie leicht auswendig behalten konnte. Die Gelehrsamkeit bildete also das Vorrecht weniger Personen, die so reich sein mußten, daß sie die zur Erlangung von Kenntnissen nötigen Reisen nicht zu scheuen brauchten, und so angesehen, daß sie sowohl in der Heimat, als auch im Auslande sich Zutritt zu den Meistern verschaffen konnten, die das Wissen ihrer Zeit beherrschten. Dafür waren aber auch die Gelehrten der damaligen Zeit hoch angesehen — Staaten beriefen sie als Gesetzgeber und Verweser, trugen die Kosten ihrer teuren Reisen und bezahlten ihren Lebensunterhalt, wenn sie durch ihre Forschungsreisen ihr Vermögen ruiniert hatten. Andererseits wurden sie oft von ihnen feindlich gesinnten politischen Parteien verfolgt und mußten mitunter als Flüchtlinge fern von der Heimat ihr Leben beschließen.

Die ältesten unter den griechischen Naturforschern, die sogenannten jonischen Philosophen, lebten alle in, oder stammten wenigstens aus den Kolonien, welche die jonischen Stämme Griechenlands an der Küste Kleinasiens angelegt hatten. Durch den Handel mit dem Orient wurden diese Städte bald reich, und durch Berührung mit den höher kultivierten Volksstämmen des Ostens wurde einerseits der Sinn für Kenntnisse geweckt und andererseits auch die Möglichkeit ihrer Erwerbung nahegelegt. Reisende Chaldäer und Ägypter konnten von der großen Gelehrtheit ihrer Priester und Ärzte erzählen, und Reisen im Morgenlande gaben den wißbegierigen Joniern Gelegenheit, wenigstens einiges von diesem geheim gehaltenen Wissen zu erfahren. Auf diesem Grunde bauten sie dann selbst weiter. — Die Natur zeigte ihnen eine Mannigfaltigkeit ständig wechselnder Erscheinungen, wobei sich zeigte, daß gewisse Phänomene miteinander in einem gewissen regelmäßigen Zusammenhang standen. Es mußte eine gemeinsame Ursache für den Wechsel des Seienden gefunden werden und ein gemeinsamer Grundstoff, aus dem alles hervorgegangen. Was ist nun dieser Urstoff? Und wie sind alle Dinge aus ihm entstanden? Diese beiden Fragen beschäftigten die Denkarbeit der jonischen Forscher. Die Natur, auf griechisch „Physis", war das große Problem, und jene alten Denker, die sich mit dem Naturproblem beschäftigten, wurden daher „Physiker" genannt, ein Name, der später auf die Bearbeiter eines begrenzten Teiles der Lehre von der Natur überging. Die Untersuchungen dieser alten „Physiker" leiteten indessen nicht selten hinüber in das Gebiet der

Metaphysik, und eben das Fehlen eines Überblickes über die unübersteigbaren Grenzen der Naturwissenschaft verlieh ihren Spekulationen den unklaren und phantastischen Charakter, der sie so oft auszeichnet.

Als der älteste unter den Naturphilosophen Griechenlands wird Thales von Miletos genannt. Über sein Leben und Wirken wußte man schon im Altertum äußerst wenig; sogar hinsichtlich der Zeit seines Auftretens und des seiner nächsten Nachfolger sind die Angaben so verschieden, daß sie um hunderte von Jahren differieren. Meist wird angenommen, daß er in der Zeit zwischen 650 und 580 v. Chr. gelebt hat. Nach übereinstimmenden Angaben soll er keine Schriften hinterlassen haben; vielleicht konnte er nicht einmal schreiben. Er soll phönizischer Abstammung gewesen sein und manche behaupten direkt, er sei aus Phönizien eingewandert. Jedenfalls hatte er seine Bildung durch Reisen und Studien im Orient erworben. Er war sehr reich und angesehen, und es sammelten sich um ihn viele Schüler. Von seiner Lehre wird gesagt, daß er das Wasser für den Ursprung aller Dinge ansah. Die Erde schwamm als eine Scheibe auf einem großen Meer, das sie von allen Seiten umgab. Die Einzelheiten seiner Lehre sind nicht bekannt, aber das Gesagte erinnert in gewisser Hinsicht an die Schöpfungsgesichte im Buch der Genesis wegen der starken Betonung des „Wassers über und unter der Erde“. Zweifellos haben wir es hier mit einer Theorie orientalischen Ursprungs zu tun. Ebenso sicher ist Thales der Vater der griechischen Naturphilosophie und wird von den Denkern des Altertums einstimmig als solcher bezeichnet. Selbst die Namen „Philosoph“ und „Philosophie“ sollen von ihm herstammen. Er soll, als er einst gefragt wurde, ob er ein weiser Mann (auf griechisch „sophos“) wäre, bescheiden geantwortet haben, das könnte er nicht behaupten, er sei bloß ein Freund der Weisheit (Philosophos).

Ein jüngerer Landsmann und aller Wahrscheinlichkeit nach ein Schüler von Thales war Anaximandros, dessen Zeit in die Jahre zwischen 611 und 546 v. Chr. verlegt wird. Über seine Person und sein Leben weiß man ebensowenig wie über Thales. Dagegen weiß man, daß er seine wissenschaftlichen Forschungsresultate in einem Gedicht „über die Natur“ (peri physeos) zusammengefaßt hat, das von vielen späteren Philosophen zitiert wird. Noch Aristoteles behauptet es gelesen zu haben, aber schon in der spätantiken Zeit scheint es verloren gegangen zu sein. Man hatte eben damals noch nicht soviel Ehrfurcht vor „klassischen“ Autoren, wie zu unserer Zeit. Aus Zitaten und Referaten in den Schriften späterer Verfasser kann man sich indessen eine gewisse Vorstellung über dieses älteste naturwissenschaftliche Werk machen, das existiert hat. Ebenso wie für Thales, so war auch

für Anaximandros die Frage am wichtigsten, aus welchem Stoff alle Dinge entstanden wären. Thales hielt, wie gesagt, das Wasser für den Urstoff, Anaximandros dagegen meinte, es gäbe einen Urstoff, den er „Apeiron“ nannte, aus dem sich alles herausdifferenzierte und zu dem alles wieder zurückkehrte. Was er eigentlich mit diesem Apeiron meinte, ist schwer zu sagen; wahrscheinlich bezeichnet das Wort „das Eigenschaftslose, das Unbestimmte“. Aus diesem Ursein entstanden zuerst Wärme und Kälte, aus diesen das Wasser, daraus Erde, Luft und Feuer. Letzteres umgibt die Atmosphäre und wird von den Sternen ausgestrahlt. Die Erde ist durch eine Art von Kondensierung aus dem Wasser entstanden, sie war zuerst schlammartig, dann wurde sie fest und schwimmt in dieser Form auf dem Wasser, gestaltet wie ein sphärisches Segment. Er soll eine Karte der Erde gezeichnet und auch einen Himmelglobus angefertigt haben, letzteren von sphärischer Gestalt mit der Erde im Mittelpunkt. Die lebenden Wesen ließ er durch eine Art von Urzeugung aus dem Schlamm entstehen, der anfangs die Erde bedeckte. Zuerst entstanden auf diese Weise Tiere und Pflanzen, hernach Menschen, die anfangs wie Fische beschaffen im Wasser lebten, dann aber die Fischhaut abwarfen, auf das Trockene gingen und hier weiterlebten. Wir sehen also, daß Anaximandros eine ganze Entwicklungslehre aufgestellt hat, die zwar, das läßt sich nicht leugnen, kindlich unbeholfen, aber in ihrer Kühnheit, mit der aus den Prämissen die Schlüsse gezogen werden, dennoch interessant ist. Und er scheut den Gedanken nicht, den Weltprozeß bis in die Unendlichkeit fortgehen zu lassen — das heutige Universum hat Vorgänger gehabt, die sich aus dem Urstoff entwickelten und in ihn zurückkehrten, und so wird es immer weiter geschehen. Man darf jedoch den Vergleich zwischen der Schöpfungstheorie jenes alten Joniers und unserer heutigen Entwicklungslehre nicht zu weit ausspinnen. Der Versuch, in Anaximandros wegen seiner Ideen über die Entstehung des Menschen einen Vorgänger Darwins zu sehen, muß als ein völlig unhistorischer Gedanke abgewiesen werden, der insofern nahe lag, als die Vertreter neuer, vielumstrittener Lehren stets versucht haben, in möglichst weit zurückliegenden Zeiten Vorgänger zu finden. Die Theorie des Anaximandros erinnert in der Tat am meisten an die sogenannten Autochthonsagen seiner Landsleute über die Entstehung des Menschen aus der Erde, die er bewohnte; ein in jenen Völkerwanderungszeiten sehr beliebter Mythus, durch den man sein Recht auf das Land, das man besaß, mit halb natürlichen, halb göttlichen Gründen zu stützen suchte. Auch wenn es also nicht zulässig ist, die Spekulationen des altertümlichen Philosophen mit modernem Maße zu messen, so verdienen sie doch unsere große Bewunderung. Die Naturforschung unserer Tage

sucht ja nach einer auf natürlichem, kausalem Zusammenhang begründeten Erklärung der Entstehung der Dinge und der mit ihnen vor sich gehenden Veränderungen, und der Denker, welcher als erster die Notwendigkeit einer solchen Naturerklärung eingesehen und, wenn auch unvollkommen, durchgeführt hat, muß für alle Zeiten als ein Bahnbrecher des menschlichen Denkens gelten. Die religiös-mystischen Schöpfungssagen, die bis dahin bei den Griechen, gleichwie im Orient als Welterklärung galten, wurden von nun ab in das Gebiet der Dichtung und des religiösen Glaubenslebens verwiesen, während die wissenschaftliche Forschung in der von Anaximandros gegebenen Richtung weiterbaute.

Bei seinen Zeitgenossen genoß Anaximandros großes Ansehen, und es werden viele Schüler von ihm namhaft gemacht. In seiner Vaterstadt wurde sein Werk von Anaximenes fortgesetzt, der die Luft für den Urstoff ansah und meinte, sie umgäbe nicht nur die ganze Erde, sondern durchdringe auch alle lebenden Wesen und sei ihr Lebensprinzip. Kurz nach seinem Tode wurde Miletos von den Persern erobert (494) und dem Erdboden gleich gemacht, und hiermit verschwindet die Stadt des Thales und Anaximandros für immer aus der Kulturgeschichte. Aber die Lehren ihrer Denker hatten bereits weite Verbreitung gefunden, und als die Griechen Kleinasiens ihre kulturell leitende Stellung verloren, fanden sich bereits Philosophen und Philosophenschulen über die ganze griechische Kulturwelt zerstreut.

Zur jonischen Philosophenschule wird u. a. Diogenes von Apollonia auf Kreta gezählt. Er lebte in der ersten Hälfte des 5. Jahrhunderts und ist nicht zu verwechseln mit dem bekannten Zyniker Diogenes aus der Zeit Alexanders des Großen. Seine Weltauffassung geht aus von der Theorie des Anaximenes über die Luft als Urstoff. Aus der Luft bilden sich durch eine Art von Verdichtungsprozeß alle übrigen Stoffe der Erde. Das Leben besteht nach seiner Ansicht aus warmer Luft, die durch die Adern strömt und dadurch den Körper erhält. Diogenes hat die Verzweigung des Adersystems beim Menschen, oder eher vielleicht bei den Säugetieren, beschrieben und diese Beschreibung, die älteste anatomische Arbeit, die man kennt, ist zum Teil noch erhalten. Sonst weiß man von Diogenes, daß er meinte, die Lebewesen entständen aus Erde durch den Einfluß der Sonnenwärme — eine weitere Ausbildung, wie man sieht, der Lehre von Anaximandros. Auch der Embryo im Mutterleibe entwickelte sich nach seiner Meinung durch die Wärme der Mutter aus dem Samen des Vaters. Seine embryologischen Angaben beruhen gleich den anatomischen offenbar auf Dissektionen. Ein Zeitgenosse von ihm war Hippon, von dem ebenfalls angegeben wird, daß er sich mit embryologischen Forschungen beschäf-

tigt habe. Leider weiß man über ihn sehr wenig; nicht einmal sein Geburtsort ist sicher bekannt; einige behaupten, er stamme aus Samos, andere nennen eine Gegend in Süditalien. Als Philosoph scheint er nicht so angesehen gewesen zu sein, wie als Naturforscher, was wohl dazu beitrug, daß man ihn vergessen hat. Er soll Anhänger der Lehre des Thales vom Wasser als Urgrund alles Seinden gewesen sein.

Obige Übersicht über die alte jonische Naturphilosophie zeigt uns ein ernstes Suchen nach den natürlichen Zusammenhängen der Geschehnisse auf der Erde, im Sein, Werden und Vergehen. Teils durch Annahme und Entwicklung dieser Ideen, teils durch neue Einflüsse vom Orient her bildete sich daneben eine andere Gedankenrichtung mit teilweise tieferer Einsicht in die Vorgänge des Lebens, aber auch mit Hinneigung zur Mystik und Phantasterei, die den jonischen Denkern fremd waren. Obgleich sie sich nicht besonders für biologische Forschung interessierte, muß hier wegen ihrer allgemein kulturhistorischen Bedeutung die pythagoräische Philosophie erwähnt werden. Ihr Gründer Pythagoras gehört zu den eigentümlichsten Gestalten der Kulturgeschichte. Zugleich Mann der Wissenschaft, religiöser Prophet und Staatsmann, Mathematiker und Mystiker in einer Person, ist er in der Tradition späterer Zeiten geradezu eine sagenhafte Person geworden. Zu Samos in Kleinasien geboren machte er weite Reisen im Orient. Wie weit er auf ihnen gelangte, weiß man nicht sicher, jedenfalls studierte er nachher auf seiner Heimatinsel, mußte aber wegen politischer Unruhen auswandern und zog nach Süditalien in die griechische Kolonie Kroton. Dort wirkte er als Forscher, Religions- und Gesellschaftsreformator bis an sein Ende. Er starb um das Jahr 500 v. Chr. Seine Lebensdauer ist jedenfalls unbekannt und Gegenstand von Kontroversen. Vieles von der Weisheit, die er lehrte, stammte zweifellos aus dem Orient — seine allbekannte Lehre von der Seelenwanderung war ja schon lange vor ihm in Indien entstanden, und der nach ihm benannte geometrische Lehrsatz war auch schon vor seiner Zeit von indischen Mathematikern bewiesen worden. Von größtem Interesse sind jedoch seine kosmologischen Theorien. Als Urgrund aller Dinge betrachtet er das Feuer. Das Feuer aber war, das darf man nicht vergessen, für die Völker des Altertums und noch weit später kein chemischer Prozeß, sondern ein Stoff gleich wie die Luft, das Wasser und die Erde. Nach Pythagoras entstammten alle Dinge einem Urfeuer, das den Mittelpunkt des Weltalls einnahm. Um dieses Urfeuer kreisen alle Himmelskörper, Erde, Planeten und Sonne, in kreisförmigen Bahnen. Diese Kosmologie bezeichnete gegenüber der jonischen einen unerhörten Fortschritt. Durch ihn wurde die Kugelform der Himmelskörper in die Wissenschaft eingeführt, wenn es auch noch Jahrtausende dauerte, bis

sie in dem allgemeinen Bewußtsein der Völker festen Fuß faßte. Noch bemerkenswerter war seine Lehre, daß die Erde ein sich bewegender, kreisender Körper sei. Diese Theorien konnten die Völker des Altertums nicht verstehen[1]), und als Copernicus die Frage von neuem aufwarf, wurde er u. a. von den Gegnern auch des Phytagoreismus beschuldigt. In der Mathematik war Phythagoras bahnbrechend; er entdeckte die Regelmäßigkeit der Zahlenserien und kam durch das Nachdenken über dieselben auf eine eigentümliche mystische Theorie, daß die Zahlen alle Dinge beherrschten — daß sie sogar der Urgrund aller Dinge seien. Auch die Harmonie der Töne in der Musik verwebte er in seine mystischen Gedankengänge — seine Theorien über die „Harmonie der Sphären" sind ja dem Namen nach allgemein bekannt, wenn auch inhaltlich schwer verständlich.

Pythagoras' Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft war sehr groß und auch im politischen Leben seiner Zeit von Bedeutung. Seine Schüler bildeten eine feste Vereinigung, fast eine Art von Sekte, die im Meister einen göttlich inspirierten Seher verehrten. Während der Glanzperiode der griechischen Demokratie wegen ihres ausgeprägten Aristokratismus verfolgt trennten sie sich zum Schluß, aber ihre Lehre erlebte in spätantiker Zeit eine neue Blütezeit. — Mit Pythagoras tritt der westgriechische Volksstamm in der Geschichte der Wissenschaft auf. Süditalien bis Neapel und Sicilien sind früh von den Griechen kolonisiert worden, und durch Verdrängung oder Einverleibung der Urbevölkerung hatte sich hier eine homogene griechische Bevölkerung gebildet, wie das Mutterland in Kleinstaaten zersplittert und mit, wenn möglich, noch unruhigeren politischen Verhältnissen. Aber in der geistigen Kultur konnte sie mit den Städten Kleinasiens wetteifern. Eine Eigentümlichkeit der westgriechischen Denker lag darin, daß viele unter ihnen, gleich Pythagoras, schwärmerische Seher, tüchtige Staatsmänner und zugleich Forscher waren, deren Schulen weit festere Vereinigungen bildeten, als diejenigen ihrer jonischen Vorgänger. Eine solche Philosophenschule war die eleatische, so genannt nach der Stadt Elea in Süditalien. In diese Stadt kam gegen Ende des 6. Jahrhunderts ein Mann namens Xenophanes, gebürtig aus Kolophon in Kleinasien und Schüler von Anaximandros. Unruhen in der Vaterstadt hatten ihn in die Ferne getrieben, und er war in großer Armut weit umher gewandert, durch Vorlesen seiner eigenen Gedichte in den von ihm besuchten Städten seinen Lebensunterhalt erwerbend. In Elea fand er eine Freistadt und starb hier um das Jahr

---

1) Aristarchos von Samos lehrte allerdings weit später, daß die Sonne der Mittelpunkt sei, um den die Erde kreise, aber seine Theorie fiel bald in Vergessenheit.

490 in sehr hohem Alter. Die Resultate seiner wissenschaftlichen Forschungen hat er gleich seinem Lehrer Anaximandros in einem Gedicht zusammengefaßt, von dem Bruchstücke erhalten sind. Trotz der äußerst kühnen Gedanken, die es enthielt, verschaffte es seinem Verfasser großes Ansehen und viele Schüler. Als Ausgangspunkt diente ihm die Theorie des Anaximandros von der Entstehung der Erde durch Verdichtung von Wasser und Schlamm, die er weiter ausspann. Interessant ist dabei seine Erwähnung versteinerter Meerestiere hoch oben im Gebirge, die, wie er hervorhebt, beweisen, daß die Berge ehemals unter Wasser gewesen seien. Diese Ansicht wurde aber nicht beachtet, hauptsächlich weil Aristoteles und mit ihm seine Schüler die Versteinerungen als ein „Spiel der Natur" betrachteten. Erst in der Zeit der Renaissance kam Xenophanes' richtigere Auffassung wieder zur Geltung. Aber die Spekulationen über den Ursprung der Welt führten Xenophanes immer mehr in das Gebiet rein theologischer Fragen. Er wurde ein eifriger und beredter Gegner des Glaubens seines Volkes an viele Götter, die er wegen ihrer rein menschlichen Beschränktheit verachtete. Pferde und Ochsen, sagte er, würden, wenn sie wie Menschen denken könnten, sich die Götter in Pferde- oder Ochsengestalt vorstellen. Er dagegen hob die Ewigkeit und Unergründlichkeit des Göttlichen hervor und damit im Zusammenhang die Ewigkeit, Einheitlichkeit und Unveränderlichkeit der Welt, in welcher wir leben. Das hinderte ihn jedoch nicht, die Theorie des Anaximandros hinsichtlich abwechselnder Entwicklung und Zerstörung der Erde und ihrer Bewohner anzunehmen. Indessen war es gerade die Lehre von der Unveränderlichkeit, die seine Schüler weiter ausbildeten. Der hervorragendste unter ihnen, Parmenides aus Elea, betont mit äußerster Schärfe die Einheit des Seienden. Die Welt, sagt er, kann nur begriffen werden, wenn man von den Veränderungen absieht und das Unveränderliche sucht. Im Zusammenhang hiermit warnt er davor, sich auf die Sinne zu verlassen, deren Eindrücke irreführen, und appelliert statt dessen an die Vernunft. Seine abstrakte Auffassung zeigt sich auch in den Antithesen, in denen er das Sein ausdrückt: warm — kalt, hell — dunkel, seiend — nicht seiend. Mit Bezug auf den Menschen sah er die Seele, oder was für ihn dasselbe bedeutete, das Leben, für warm, den Körper dagegen für kalt an. Im übrigen schloß er sich der Theorie von Anaximandros über die Entstehung der Lebewesen und der Lehre der Pytagoräer von der Kugelform der Himmelskörper an. Sein größtes Verdienst aber liegt in seiner Forderung konsequenten Denkens. Hierin übertrifft er die jonischen Philosophen und übt seinen Einfluß auf die Denker kommender Zeiten aus. Die späteren Eleaten trieben schließlich die Lehre von der Unveränderlichkeit bis zur Ab-

surdität und machten sich dadurch unmöglich. Der Eleat Zenon z. B. leugnete alle Veränderung, sogar die Bewegung.

Von weit größerer Bedeutung für die Entwicklung der Biologie, als die Eleaten, war übrigens ein anderer westgriechischer Denker, Empedokles von Akragas auf Sicilien. Sein Wirken verlegt man allgemein in die Mitte des 5. Jahrhunderts. Über seine Person und sein Leben haben sich, wie über Pythagoras, eine Menge sagenhafter Erzählungen erhalten, die zum mindesten bewiesen, in wie hohem Grade er den Zeitgenossen und der Nachwelt imponiert hat. Er scheint es auch selbst nicht wenig darauf angelegt zu haben, denn er rühmt sich in seinen Schriften, von denen Bruchstücke sich bis auf unsere Zeit erhalten haben, seiner übernatürlichen Gaben, behauptet, er könne Krankheit und Altersschwäche heilen, Tote erwecken, die Richtung des Windes ändern, Regen und Sonnenschein machen. Und er liebt es, sich huldigen zu lassen — geschmückt mit Bändern und Blumen hält er seinen Einzug in die Stadt, die um seine Hilfe gebeten, und läßt sich von der Bevölkerung göttliche Ehren erweisen. In unseren Tagen würde man solches mit Recht als unwürdigen Schwindel bezeichnen; im Altertum dachte man anders, und Empedokles glaubte ganz gewiß an seine wundertätige Macht, wobei er hinsichtlich des theatralischen Pompes den Geschmack seiner Landsleute teilte. Die Überlieferung hat übrigens auch die Kunde von einigen nützlichen Werken bewahrt, die er ausgeführt; so verbesserte er das heiße und ungesunde Klima seiner Vaterstadt dadurch, daß er eine Öffnung in eine Bergwand brechen ließ, die den kühlenden Nordwind abgehalten hatte. Eine Nachbarstadt befreite er vom Sumpffieber dadurch, daß er die Umgebung drainieren ließ. Er war außerdem ein hervorragender Politiker und, obgleich von vornehmer Herkunft, ein eifriger Demokrat. Er stürzte in seiner Vaterstadt die oligarchische Regierung und führte eine demokratische Regierungsform ein. Die ihm angebotene Königskrone schlug er aus. Indessen wurden ihm doch seine Feinde zu mächtig, und er mußte nach Griechenland in die Verbannung gehen, wo er auch starb. Bald nach seinem Tode fiel Akragas in die Hände der Karthager und wurde gründlich verwüstet. Zur Römerzeit blühte die Stadt wohl wieder auf unter dem Namen Agrigent, das heutige Girgenti, aber ihre kulturhistorische Rolle war ausgespielt.

Als Denker geht Empedokles von Parmenides aus. Das Seiende, die Welt ist einheitlich, unveränderlich. Veränderungen, die doch geschehen, sind zu erklären durch Bewegung in der vorhandenen Materie und durch Sammlung und Zerstreuung ihrer Bestandteile. Als Grundbestandteile dieser Materie bezeichnet Empedokles Feuer, Luft, Wasser und Erde, mit anderen Worten die „vier Elemente“. Die

Lehre von diesen, die sich, man kann fast sagen, bis in unsere Tage erhalten hat, stammt also, wie im Altertum allgemein bekannt war, von Empedokles. Und fragt man diesen, was in den vier Elementen Bewegung hervorruft, die Veränderungen in ihrer Zusammensetzung verursacht, so antwortet er: Liebe und Haß; die Liebe wirkt anziehend, der Haß abstoßend. Durch ihr wechselndes Herrschen werden die Veränderungen in der Natur hervorgerufen. Wenn die Liebe herrscht, entstehen neue Welten, siegt der Haß, so vergehen sie wieder. Die Erde entstand dadurch, daß Teile der verschiedenen Elemente in wirbelartiger Bewegung sich miteinander vereinigten, und durch ebensolche Bewegung wurden Wasserteile aus der ursprünglich feuchten Erdmasse hinausgeschleudert, so daß sie trocken und bewohnbar wurde. Aus dem Entstehen und Vergehen von Wesen folgt nicht, daß aus nichts etwas entstehen und dieses wieder in nichts vergehen könne, denn vorher sollte wohl Neues zu der Summe von Wirklichkeit hinzukommen, welche existiert, oder wohin sollte etwas schon Existierendes verschwinden? Nein, die Weltmaterie war und bleibt dieselbe, bloß ihre Bestandteile mischen sich verschieden durch das wechselnde Vorherrschen von Liebe und Haß. Die Lebewesen, meint er, sind aus der Erde entstanden — zuerst die Pflanzen, deren Leben er im einzelnen mit dem der Tiere vergleicht. Ihre Ernährung wird durch Poren in Stamm und Blättern vermittelt, und ihr Fruchttragen wird mit der Fortpflanzung der Tiere verglichen. Auch die Tiere entstammten ursprünglich der Erde, indem zuerst einzelne Glieder entstanden, die dann durch die Anziehungskraft der Liebe vereinigt wurden, wodurch schließlich das Tier selbst gebildet wurde. Aber diese Entwicklung geschah nicht ungestört, denn da die Vereinigung verschiedener Glieder durch Zufall vor sich ging, hing es vom Zufall ab, ob lebensfähige Wesen oder mißgestaltete Krüppel entstanden. Auch die Menschen entstanden auf diese Weise — durch die Tätigkeit des unterirdischen Feuers wurden aus dem Erdinnern formlose Klumpen hervorgeschleudert, die sich zu Gliedern formten, aus welchen durch Vereinigung Menschen wurden. Die Männer, welche ein wärmeres Temperament besitzen, entstanden in einer südlicheren Gegend, die kaltblütigeren Frauen dagegen in einer nördlicheren. Bei der Fortpflanzung erhält der Keim gewisse Körperteile vom väterlichen, andere vom mütterlichen Samen. Das Wachstum in der Jugend beruht auf der Zunahme der Körperwärme, die Schwäche des Alters auf ihrer Abnahme. Die Atmung ließ er nicht nur durch die Luftröhre, sondern auch durch die Poren der Haut erfolgen, wobei dieser abwechselnd Blut zugeführt und entzogen und im Zusammenhang hiermit Luft eingesogen und ausgestoßen wird. Die Sinneseindrücke kommen in der Weise zustande, daß von den wahrgenommenen Dingen

feine Partikeln sich loslösen und mit entsprechenden Teilchen in den Sinnesorganen sich vereinigen. So werden die verschiedenen Elemente mittels ihrer Vertretung in den Sinnesorganen wiedererkannt — das Wasser vom Wasser, die Luft von der Luft usw. Töne bilden sich dadurch, daß die in Bewegung versetzte Luft in den Gehörgang des Ohres wie in eine Trompete eindringt. Er soll auch als erster das Labyrinth des Ohres beschrieben haben. Das Auge vergleicht er mit einer Laterne; das Licht erkennt es mittels seiner Feuerteilchen, die Dunkelheit durch seine Wasserteilchen. Auch in der Gedankenarbeit sieht er eine reine Körperfunktion, deren Zentralorgan das Blut ist, welches alle Elemente auf das Genaueste gemischt enthält. Aber auch andere Teile des Körpers können hierbei mitwirken, und bei jeder Gedankenarbeit suchen einander die vier Elemente des Denkenden und des Gedachten. Je feiner und gleichmäßiger beim Menschen die Elemente gemischt sind, desto besser kann er denken. Ist die richtige Mischung nur auf gewisse Teile des Körpers beschränkt, so sind diese besser ausgebildet als andere. — In eigentümlichem Gegensatz zu dieser materialistischen Lehre von den Sinnen stehen die Aussprüche von Empedokles, in denen er, ebenso wie Parmenides, davor warnt, sich auf die Sinneseindrücke zu verlassen, die trügen können, während der vernünftige Gedanke untrüglich sei.

Auf die religiösen Theorien des Empedokles können wir hier nicht eingehen. Ebenso wie Pythagoras glaubte er an Seelenwanderung und verbot seinen Schülern Tiere zu töten und zu verzehren. Auch gewisse Pflanzen waren in dieser Hinsicht heilig. Überhaupt hält es schwer, seine mystisch-religiösen Verkündigungen und damit zusammenhängende Wundertäterei mit seiner streng das Kausalitätsprinzip betonenden Naturphilosophie in Einklang zu bringen. Eine genauere Kenntnis der Verhältnisse, in denen er lebte, hätte wohl dieses Rätsel lösen können; nun aber steht er da als ein eigentümliches Phänomen in der Geschichte der biologischen Forschung.

In dieser nimmt er unstreitig eine hohe Stellung ein. Besonders seine Spekulationen über die Zusammensetzung der Dinge und die Veränderungen in ihnen müssen Aufsehen erwecken. Während seine Vorgänger und auf lange Zeit hinaus auch seine Nachfolger keine andere Erklärung für diese Phänomene hatten, als die Bewegung im Raume, erscheint Empedokles mit einer Art von Affinitätslehre, die zwar roh und plump ist, aber doch Keime von Gedanken in sich trägt, die erst in weit späterer Zeit zu Ende gedacht werden konnten. Und daß diese Gedanken von seinen Nachfolgern nicht gewürdigt wurden, daher also das Altertum es nicht zu einer chemischen Wissenschaft brachte, vermindert nicht das Interesse an ihnen. Auch seine physiologischen

Spekulationen, so naiv sie auch sind, zeugen von scharfer Beobachtungs- und Kombinationsgabe. In seiner merkwürdigen Theorie von der Entstehung der Lebewesen aus getrennten, durch den Zufall zusammengefügten Teilen hat man eine Art primitiver Selektionstheorie sehen wollen. Das ist jedoch übertrieben, denn seine Anthropogenie zeigt noch deutlicher, als die von Anaximandros, den Zusammenhang mit den alten Autochthonsagen.

Mit Empedokles hat der Stamm der Westgriechen seinen letzten und größten Beitrag zur Geschichte der Biologie geliefert. Ein paar Jahrhunderte später erzeugte dieses Volk sein größtes Forschergenie, den Physiker Archimedes. Dieser, der den Untergang der westgriechischen Freiheit erlebte, war so weit Spezialist auf seinem Gebiete, daß ihm hier kein Platz gebührt. Wir kehren also zurück zu Kleinasien, wo die Wiege der griechischen Naturforschung gestanden hat, und von wo fortlaufend neue wichtige Impulse in dieser Richtung ausstrahlten.

Ausgehend von der jonischen Philosophie entwickelte hier Herakleitos von Ephesos (etwa 510—450), einer der größten Denker des Altertums, genannt der „Finstere“ wegen seiner dunklen Ausdrucksweise und seiner düsteren Lebensauffassung, eine ganz neue Naturauffassung. Auch sein Leben wurde von politischen Umwälzungen gestört. Er entstammte einer vornehmen Priesterfamilie, verließ aber den Staatsdienst, um sich ganz dem Denken zu widmen. Als Denker war er Autodidakt, und wenn auch sein System in der jonischen Naturphilosophie wurzelt, mit Anlehnung hauptsächlich an Anaximandros, so hat es doch durchaus den Stempel der Originalität. Im Gegensatz zur Behauptung der Eleaten, die Welt sei unveränderlich, stellt Herakleitos den Satz auf, alles sei veränderlich und das Veränderliche sei das Wesentliche im Dasein. „Kampf ist Leben“, ist ein Ausdruck, der von ihm herrührt, und ein anderer lautet: „alles fließt“. Den Urgrund des Weltalls sieht Herakleitos im Feuer. Aus einem Urfeuer ist alles entstanden, und zu ihm kehrt alles zurück, denn die Welten entstehen und vergehen. Das Urfeuer war nach Herakleitos die Gottheit. Feuer ist auch die menschliche Seele, Feuer wird aufgenommen bei der Atmung, deren Aufhören darum gleichbedeutend ist mit Sterben. Krankheiten entstehen meist durch das Wasser, den Feind des Feuers, wenn es im Körper Überhand gewinnt; Trunksucht umnebelt die Seele, weil der Wein sie feucht macht; die „trockenste Seele ist die weiseste“, heißt es ausdrücklich in seinen Schriften. Seine speziell biologischen Forschungen haben sich nicht bis auf unsere Zeit erhalten. Es heißt, er habe Tiere seziert, aber ob er daraus Schlüsse gezogen, weiß man nicht. Sein Verdienst um die Entwicklung der

Wissenschaft liegt in seiner allgemeinen Auffassung vom Dasein — in seiner ständigen Betonung der Veränderlichkeit, die zusammen mit der Gesetzmäßigkeit den Kern alles Seins ausmacht. Hierin hat er einen großen Einfluß auf die Naturphilosophie späterer Zeiten ausgeübt, besonders auf Platon und durch ihn auf Aristoteles.

Gleichzeitig mit Herakleitos tritt übrigens eine andere neue Gedankenrichtung auf, die sich weit mehr für das Studium von Einzelheiten in der Natur interessiert und es zur Grundlage eines ganzen Weltsystems macht. Es ist das die Atomlehre. Als ihr Urheber wird Leukippos genannt, ein Denker, von dem man nichts weiß, außer daß er der Lehrer des Demokritos, eines der hervorragendsten Naturforscher und Naturphilosophen aller Zeiten, gewesen ist. Demokritos war in Abdera zu Hause, einer griechischen Kolonie an der thrazischen Küste, die zu seiner Zeit reich und mächtig war, aber in den folgenden Jahrhunderten verkam und dem Gerücht anheimfiel, als seien ihre Bürger besonders dumm gewesen — das Wort „abderitisch" ist ja eine weltbekannte Umschreibung von „höchst einfältig". Die Zeit seines Wirkens ist, wie bei der Mehrzahl der älteren griechischen Philosophen, nicht genau bekannt, doch nimmt man im allgemeinen an, daß er zwischen 470 und 460 v. Chr. geboren und in sehr hohem Alter, fast 100 Jahre alt, gestorben ist. Von seinem Vater, einem der reichsten und angesehensten Bürger der Stadt, erbte er ein großes Vermögen, das er ganz seinen weiten Reisen geopfert haben soll, um in verschiedenen Ländern das Wissen der Völker zu studieren. Heimgekehrt, wurde er von seinem Bruder unterhalten, bis seine Landsleute, stolz auf seinen gelehrten Ruf, ihm eine Geldunterstützung boten, die für seinen Lebensunterhalt genügte. Beliebt wegen seines milden und freundlichen Gemütes und umgeben von ihn bewundernden Schülern lebte er still bis in sein hohes Alter und starb ohne Krankheit. Er war bekannt als einer von den produktivsten Verfassern des Altertums, und seine Schriften scheinen sehr verschiedenartige Gegenstände behandelt zu haben. Sie sind indessen bis auf einige Bruchstücke verloren gegangen und zwar vermutlich schon im späteren Altertum. Durch andere antike Verfasser, besonders Aristoteles, der ihn stets mit Achtung nennt und in weitem Maße sich seines Wissens zu bedienen scheint, können wir uns indessen eine ziemlich gute Vorstellung von seinem wissenschaftlichen Standpunkt machen.

Sein Lehrer Leukippos scheint von der Theorie des Parmenides, daß alles unveränderlich sei, ausgegangen zu sein, und zwar in der paradoxen Form, die diese bei den jüngeren Eleaten angenommen hatte. Um den Sinn dieser Lehre nicht preiszugeben und dennoch Veränderungen, die ohne Zweifel wahrgenommen werden, möglich zu

machen, dachte sich Leukippos das Universum aus einer Menge kleinster Teile zusammengesetzt, die sich im leeren Raume bewegen. Diese Theorie übernahm Demokritos und entwickelte sie weiter. Er wurde hierdurch der Urheber der Atomlehre, einer der fruchtbarsten Ideen in der Naturwissenschaft. Und diese Atomlehre machte er, wie kein anderer vor oder nach ihm, zur Grundlage seiner ganzen Lehre vom Sein, sowohl des geistigen, als auch des materiellen. Ein so konsequent durchgeführtes naturwissenschaftlich-materialistisches Weltbild hat sonst keiner von den Denkern des Altertums hinterlassen, und niemand ist weiter gegangen in Versuchen, die Forderung einer natürlichen Erklärung des Ursprungs aller Dinge zu erfüllen, die schon Anaximandros stellt. Aus Fragmenten seiner Schriften hat man eine Anzahl allgemeiner Thesen zusammengestellt, die seinen Standpunkt charakterisieren — mehrere von ihnen klingen merkwürdig modern naturwissenschaftlich.

Aus nichts wird nichts; nichts, das ist, kann vergehen. Alle Veränderung ist bloß Vereinigung oder Trennung von Teilen.

Nichts geschieht durch Zufall oder Absicht, alles durch Ursachen und mit Notwendigkeit.

Nichts ist vorhanden außer den Atomen und dem leeren Raum, alles andere ist Meinung.

Die Atome sind nach Zahl und Form unendlich. Ihre Bewegung ist ewig; im unendlichen leeren Raum stoßen sie aneinander und verursachen dadurch Wirbelbewegungen, aus denen Welten entstehen, um wieder zu vergehen. Alle Eigenschaften der Dinge beruhen auf der Gestalt, Größe, Anzahl und Bewegung der Atome, aus denen sie aufgebaut sind. Die Seele besteht aus den feinsten und beweglichsten Atomen; diese erfüllen den Körper und geben ihm das Leben. Flieht sie aus dem Körper, so tritt der Tod ein. Auch das Feuer besteht aus kleinen beweglichen Atomen, und Demokritos scheint die Auffassung des Herakleitos zu teilen, daß Seele und Feuer nahe verwandt sind. Die Sterne, meinte er, wären erdartige, aber wegen ihrer schnellen Bewegung glühende Körper. Er scheint auch die Berge auf dem Monde beobachtet zu haben.

Auf dem Gebiete der Biologie hat Demokritos wichtige Arbeiten ausgeführt und ist hier, wie auf manchen anderen Gebieten, der hervorragendste Vorgänger von Aristoteles. Wie viel von seinem Wissen der Nachfolger entlehnt hat, weiß man nicht, hat aber Ursache zuglauben, daß es mehr gewesen ist, als die Nachwelt ahnt. Er hat nachgewiesenermaßen Sektionen ausgeführt sowohl an höheren, als auch an niederen Tieren und war der erste, der die Beschaffenheit des Blutes als Trennungsmerkmal zwischen diesen beiden Gruppen anführt. Der

später von Aristoteles angenommene Gegensatz zwischen Bluttieren (Wirbeltieren) und blutlosen Tieren stammt also von Demokritos. Im Gegensatz zu Aristoteles war er überzeugt, daß auch die kleinsten Tiere wohl ausgebildete Organe hätten, wenn sie auch wegen ihrer Durchsichtigkeit für das menschliche Auge unsichtbar wären. Bei der embryonalen Entwicklung entständen zuerst die äußeren und später die inneren Organe. Viele von Demokritos' Ansichten kennt man nur aus der Polemik des Aristoteles gegen sie, und nicht selten gibt die moderne Forschung ersterem recht. So z. B. meint er, daß der Faden der Spinne im Inneren des Tieres gebildet werde, während Aristoteles ihn für abgestoßene Haut hält. Die Unfruchtbarkeit des Maulesels sucht er durch Verkrüppelung des Uterus zu erklären. In erster Linie aber studiert er den Bau und die Funktionen des menschlichen Körpers. Er sieht im Menschen eine Welt im Kleinen, einen Mikrokosmos, wo alle Arten von Atomen vorhanden sind. Das Gehirn ist nach ihm das Organ des Denkens, das Herz das des Mutes und die Leber der Sitz der Sinnlichkeit. In der Auffassung des Gehirns hat Demokritos wieder einmal den Vorrang vor Aristoteles, der darin nur ein Organ zur Abkühlung des Blutes sah. Nach Demokritos ist Leben und Seele ein und dasselbe und besteht, wie schon erwähnt, aus Feueratomen, die infolge ihrer Leichtigkeit und Beweglichkeit ununterbrochen den Körper verlassen, der durch das Einatmen neue erhält, so lange er lebt. Hört die Atmung auf, so flieht das Leben aus dem Körper. Auch Schlaf und Scheintod werden auf den Verlust von Seelenatomen zurückgeführt, der jedoch in diesem Fall geringer ist. Die Tollwut bei Hunden und Menschen beruht nach seiner Meinung auf Entzündung der Nerven. Epidemien wären verursacht durch Atome, die von anderen Himmelskörpern auf die Erde niederfallen. Sinneseindrücke beruhten auf Atombewegungen, die vom wahrgenommenen Gegenstande ausgingen. Mit dieser materialistischen Vorstellung von der Seele stand im Zusammenhang der Glaube des Demokritos an Geisterwesen und Offenbarungen, ein Glaube, den auch andere Denker teilten, welche die Seele als eine Art Materie auffaßten, wie z. B. Swedenborg. Dagegen leugnete er die Götter des Volksglaubens, ohne jedoch mit Xenophanes eine einheitliche und ewige Gottesmacht an ihre Stelle zu setzen. Die nach seiner Meinung das Weltall beherrschende Notwendigkeit war rein unpersönlich.

Demokritos bezeichnet überhaupt den Gipfel des Strebens der griechischen Philosophie nach einer auf natürlich ursächlichem Zusammenhang begründeten Erklärung des Seienden, ein Streben, das seit den bahnbrechenden Ideen eines Anaximandros eine lange Reihe von verschiedenen Welterklärungen gezeitigt hat, von denen hier nur

die wichtigsten Beachtung finden konnten. In vielen wesentlichen Punkten, z. B. in der streng durchgeführten Kausalitätslehre, im Atombegriff und der damit zusammenhängenden Bewegungstheorie, im Betonen der Bedeutung des Gehirns für das Denken und der komplizierten Organisation der niederen Tiere, kommt Demokritos zu Resultaten, die solchen der Naturforschung unserer Tage ähnlich sind, wenn auch seine Spekulationen im einzelnen oft sehr primitiv sind, sogar im Vergleich mit dem, was spätere antike Forscher geleistet haben. Indessen wurden seine Anregungen von kommenden Geschlechtern unberücksicht gelassen aus Ursachen, die weiterhin im Verein mit dem theoretischen Standpunkt von Aristoteles besprochen werden. Die Naturforschung der Griechen schlug bald nach dem Tode des Demokritos einen ganz anderen Weg zur Erklärung des Weltgeschehens ein, als den in der Atomtheorie angegebenen. Demokritos bezeichnet somit auch den Endpunkt der ersten, rein naturwissenschaftlichen Periode der griechischen Forschung. Was die Forschung in dieser Zeit erreicht hat, wurde oben angedeutet; was sie nicht zustande gebracht hat, soll hier noch kurz beleuchtet werden. Der größte Mangel, der ihr anhaftete, war zweifellos ein zu geringes Tatsachenmaterial, wodurch die Durchführung des aufgestellten Kausalprinzipes erschwert wurde. Man erinnere sich bloß der Tatsache, daß das Altertum noch nichts von einer chemischen Wissenschaft wußte, also die Begriffe chemische Verbindung und Affinität als Grundlagen der Veränderungen in der Natur völlig fehlten und gegebenenfalls sehr mangelhaft durch die ebenso unklare, wie dogmatische Lehre von der Wirbelbewegung ersetzt wurde. Im Altertum fehlte überhaupt der Begriff Kraft oder Energie im heutigen Sinne, und deshalb mußte die Bewegung herhalten zur Erklärung aller Veränderungen. Ferner zog man keine scharfe Grenze zwischen objektiven Tatsachen und subjektiven Meinungen, d. h. der Begriff der Hypothese fehlte noch vollkommen, und deshalb wurde die Weltauffassung des Demokritos ein Dogma, das anderen Dogmen weichen mußte, die mehr dem Geschmack der Zeit entsprachen, aber für die weitere Entwicklung der Naturwissenschaft unheilvolle Anschauungen enthielten.

Das erste Anzeichen der kommenden Reaktion war die Philosophie des Anaxagoras. Dieser Denker lebte gleichzeitig mit Demokritos und wurde, vermutlich etwas früher als der letztere, zu Klazomenai in Kleinasien geboren. Seinen Wirkungskreis hatte er jedoch in Athen zur Zeit des Perikles, also in einem Staat, der die erste Großmacht griechischer Nationalität war. Mit ihm erscheint zum ersten Male diese Stadt in der Geschichte der griechischen Wissenschaft, welche von nun an fast während eines Jahrtausends ein Mittelpunkt

für die Gedankenarbeit des klassischen Altertums wurde. Athen war eine Stadt mit äußerst gemischter Bevölkerung und ebenso buntem geistigen Leben — Seite an Seite mit den kühnsten Neuerungen im Gebiete des Gedankens blühten hier krasser Aberglauben und fanatische Intoleranz. Anaxagoras wurde selbst ein Opfer der letzteren; angeklagt der Gottlosigkeit wurde er gefangen genommen und mußte Hals über Kopf die Stadt verlassen. Und doch war ja seine Philosophie, verglichen mit der des Demokritos, idealistisch zu nennen. Er hielt für die treibende Kraft im Weltall das, was er die Weltvernunft oder Weltseele nennt, eine Art Geistesmacht, der er Einheit, Allmacht und Allwissenheit zuschreibt. Diese selbe Macht findet sich in allen lebenden Wesen und ist in ihnen das Leben selbst. Die Materie besteht nach seiner Meinung aus einer unendlichen Zahl von Grundstoffen, im nämlichen Sinne, wie die alten Jonier diesen Begriff faßten. Biologische Forschungen scheint er nicht getrieben zu haben, und sein allgemeiner naturwissenschaftlicher Standpunkt bildet keinen Fortschritt im Vergleich zu Demokritos. Doch war er nicht ohne Einfluß auf die folgende Zeit und mag darum hier erwähnt werden.

Von weit größerem Einfluß auf den allgemeinen geistigen Entwicklungsgang war indessen eine Schule von Denkern, die gleichzeitig mit ihm auftrat und den griechischen Gedanken in ganz und gar andere Bahnen leitete. Es waren die bekannten Sophisten, deren Bahnbrecher und Leiter, Protagoras, ebenfalls ein Zeitgenosse von Demokritos war. Er führte den Skeptizismus und den Subjektivismus in das griechische Denken ein. „Der Mensch ist das Maß der Dinge", lautet einer von seinen Grundsätzen, und ein anderer: „entgegengesetzte Behauptungen sind gleich wahr". Einem solchen Denker war die Naturbetrachtung fremd; was er lehrte, war eine Lebenskunst, die den Menschen frei macht von den Banden ererbter Vorstellungen auf dem Gebiete der Religion und Moral. Grenzenlos verehrt von der jüngeren Generation und bitter gehaßt von den Vertretern der alten Zeit, nicht zum wenigsten deshalb, weil er im Gegensatz zu den Denkern früherer Zeiten für Geld unterrichtete, was man damals für Wucher ansah, leitet Protagoras in Griechenland eine neue Epoche der Wertung des Menschen sowohl in bezug auf Seinesgleichen, als auch in seinem Verhältnis zur Natur ein. Jedoch bevor wir diese neue Richtung betrachten, müssen wir einen Blick auf die griechische Heilkunst werfen, die in dieser Zeit zu einer besonderen Wissenschaft ausgebildet wurde und schon Resultate von bleibendem Wert auch für die Entwicklung der Biologie im allgemeinen zeitigte.

Kapitel III.

Die ältere Periode der griechischen Heilkunst und ihre Bedeutung für die Entwicklung der Biologie.

Die älteste Heilkunde der Griechen war, wie jede primitive Heilkunst, magisch-religiös. Ihr Gott Asklepios hatte eine zahlreiche Priesterschaft, in der sich von Geschlecht zu Geschlecht geheime Kunde von den Kräften der Natur und ihrer Anwendung gegen Krankheiten forterbte. Zu den Asklepiostempeln wallfahrteten in Massen die Kranken, wirkliche und eingebildete, und es waren wohl nicht zum mindesten die letzteren, welche Nachrichten über die wunderbarsten Heilungen verbreiteten und bezeugten. Große Krankenhäuser wurden bei den Tempeln für solche Kranke errichtet, die eine längere Behandlung nötig hatten, und daß man den Krankheitsverlauf dieser Patienten verfolgen und überwachen mußte, hatte zur Folge, daß ein großes Material an rein empirischen Tatsachen sich ansammelte, welches den priesterlichen Wundertätern dazu verhalf, die Folgen ihrer Kuren voraus zu berechnen. Mit der Zeit bildete sich an der Hand der empirischen Beobachtungen und der vervollkommneten Methoden eine Klasse rein weltlicher, mit den Asklepiostempeln nicht mehr verbundener Ärzte aus, die aber dennoch zwecks Genießung des Vertrauens, den der religiöse Glaube einflößt, sich Asklepiaden, d. h. Nachkommen des Asklepios, nannten. Sie bildeten, gleich anderen Gewerbetreibenden der damaligen Zeit, eine Innung, deren Mitglieder ihre Kunst meist nur ihren Söhnen und nahen Verwandten lehrten. Wohl konnten auch andere gegen Bezahlung Einsicht in die Geheimnisse des Heilgewerbes gewinnen, aber die Söhne eines Asklepiaden hatten stets das Vorrecht kostenloser Unterweisung durch alle Berufsgenossen des Vaters. Noch bis heute ist der Wortlaut des Eides erhalten, den der junge Arzt schwören mußte, ehe er seinen Beruf antrat. Er mußte geloben, Lehrern und Berufsgenossen beizustehen, unentgeltlich deren Söhne zu unterrichten, gegebenenfalls ihnen neue Entdeckungen und Methoden nicht vorzuenthalten, nach bestem Wissen und Können die Kranken zu heilen, keiner Giftmischerei und Abtreibung der Leibesfrucht sich schuldig zu machen.

Die ersten medizinischen Schriften, die wir kennen, stammen aus einer Zeit, wo die Heilkunde noch in materieller und geistiger Abhängigkeit von den Asklepiostempeln stand. Besonders waren es drei berühmte Asklepiostempel, von denen die profane Heilkunde ausging, nämlich je einer auf den Inseln Rhodos, Knidos und Kos nahe an der

kleinasiatischen Küste. Diese Lage weist, ebenso wie die der Pflanzstätten der Philosophie, auf orientalischen Einfluß hin, der sicher von größter Bedeutung für die Heilwissenschaft der Griechen gewesen ist. War doch besonders in Ägypten die Heilkunst seit uralten Zeiten hoch entwickelt, und noch in historischer Zeit auch bei fremden Völkern sehr angesehen. Von den erwähnten griechischen Tempelschulen war die auf Rhodos die älteste, die auf Kos aber die berühmteste. Ihren Ruf verdankte sie in erster Linie einer aus ihr hervorgegangenen Asklepiadenfamilie, die der Menschheit einen der größten Bahnbrecher, den die Geschichte auf dem Gebiet der Heilkunde kennt, schenkte, nämlich Hippokrates.

Die Geschichte kennt sieben griechische Ärzte namens Hippokrates, von denen der uns hier interessierende unter dem Namen Hippokrates der Zweite oder der Große bekannt ist. Es wird angenommen, daß er in den Jahren zwischen 460 und 377 v. Chr. gelebt hat, also gleichzeitig mit Demokritos. Er war geboren zu Kos in einer Asklepiadenfamilie, die in vielen Generationen beim Asklepiostempel dieser Insel gelebt hatte. Seinen medizinischen Unterricht erhielt er von seinem Vater Herakleides, der indessen schon in der Jünglingszeit des Sohnes gestorben zu sein scheint. Der junge Hippokrates begab sich darauf nach Athen, um dort bei dem Sophisten Gorgias Philosophie zu studieren, und unternahm später mehrere Reisen auf der Balkanhalbinsel und nach Kleinasien. Schließlich ließ er sich in Thessalien dauernd nieder, wo er eine große Praxis hatte, und starb in der Stadt Larissa. Seine Söhne und Enkel waren gleichfalls Ärzte von großem Ansehen, jedoch nicht mit ihm selbst zu vergleichen.

Seinen Ruf als bahnbrechender Gelehrter auf dem Gebiete der Heilkunde verdankte Hippokrates hauptsächlich seinen medizinischen Schriften. Allerdings war man schon im Altertum ungewiß darüber, welche von den Schriften, die seinen Namen tragen, wirklich von ihm herrühren, und heute ist man der Meinung, daß von den sogenannten Hippokratischen Schriften nur eine geringe Anzahl von ihm selbst verfaßt ist, während der Rest vermutlich zum Teil aus seiner Schule stammt, teils aber auch aus Schriften sich zusammensetzt, die vor seiner Zeit, oder von bedeutend jüngeren Verfassern geschrieben worden sind. Hippokrates' eigene Hauptarbeit, „Über Luft, Wasser und Land", enthält eine Menge zum Teil äußerst sinnreicher Beobachtungen über klimatologische und geophysische Verhältnisse und ihre Wirkung auf den Menschen im gesunden und kranken Zustande, in physischer und geistiger Hinsicht. Diejenigen Schriften der hippo-

kratischen Sammlung, welche anatomische und physiologische Fragen berühren und deshalb für die Geschichte der biologischen Forschung von Interesse sind, scheinen alle nach Hippokrates geschrieben zu sein, und sind daher in jedem Fall von seinen Ansichten beeinflußt worden. Sie zeugen von eingehenden anatomischen und physiologischen Studien mit Hilfe von Obduktionen und Vivisektionen. Die Schilderungen der Anatomie des menschlichen Körpers beweisen jedoch deutlich, daß sie nicht das Resultat von Sektionen menschlicher Leichen sind, sondern daß an Tierleichen gemachte Beobachtungen ohne weiteres auf den Menschen angewendet wurden. Menschenleichen zu sezieren, sich also am Körper eines toten Menschen zu vergreifen, galt schon seit den ältesten Zeiten für gefährlich und war deshalb verboten. Die eigentliche Ursache war wohl sicher die bei allen Völkern verbreitete Furcht vor Doppelgängern, von der in der Einleitung die Rede war. Einzelne besonders vorurteilsfreie Kulturperioden ausgenommen, ist es bis in die neueste Zeit schwer gewesen, Leichen für wissenschaftliche Zwecke zu erhalten und die Erlaubnis ihrer Verwendung auszuwirken. Der am frühesten genau untersuchte Teil des menschlichen Körpers war das Skelett, weil dieses auch an den Knochenüberresten vor langer Zeit verwester und daher nicht mehr gefährlicher Individuen studiert werden konnte. Zugleich dürfte auch die uralte, aus der vorgeschichtlichen Zeit der meisten Länder bekannte Sitte, die Leichen durch Skelettieren vor Vergängnis zu bewahren, direkt dazu geführt haben, daß man die einzelnen Knochen des Körpers kennen und unterscheiden lernte. Auch die Muskulatur, wenigstens in ihren äußeren Schichten, soweit man sie am lebenden Menschen bei Kampfspielen studieren konnte, war verhältnismäßig gut bekannt, während die inneren Organe der Verdauung, Atmung und Blutzirkulation sowohl hinsichtlich des Baues, als auch der Funktion am längsten unerforscht blieben. Unter diesen Voraussetzungen arbeitete auch die Chirurgie — während Knochenbrüche und Verstauchungen schon zu Hippokrates' Zeit gut studiert und Gegenstand sinnreicher Behandlung waren, war die Kunst, Blutungen zu stillen, äußerst primitiv; man hatte während des ganzen Altertums und Mittelalters kein besseres Mittel, als das Ausbrennen mit dem Brenneisen, und erst im 16. Jahrhundert lernte man die Unterbindung von Adern bei Operationen kennen.

In seinen Schriften nimmt Hippokrates, ebenso wie Empedokles und dessen Nachfolger an, daß der menschliche Körper aus den vier Elementen — Feuer, Luft, Wasser und Erde — bestehe. Diesen entsprachen im Körper die vier „Säfte" — Blut, Schleim, gelbe Galle und schwarze Galle, von denen die gelbe Galle in der Leber, die schwarze in der Milz gebildet wurde. Beweise für das Vorhandensein dieser vier

Säfte fand man im Verhalten des Blutes bei der Gerinnung, bei der ja bekanntlich seine Bestandteile sich trennen. Im untersten, dunklen Teil des sogenannten Blutkuchens glaubte man die schwarze Galle zu erkennen, im oberen, helleren das Blut; die gelbe Galle sah man im Serum und den Schleim im Fibrin[1]). Von dem Vorkommen und der Verteilung dieser vier Grundstoffe sollte das Befinden des Körpers abhängen — richtig verteilt bedingten sie Gesundheit, war ihre Harmonie gestört, gab es Krankheit[2]). Im übrigen scheinen Hippokrates und seine Nachfolger die Ansicht des Herakleitos geteilt zu haben, daß die Seele, das Lebensprinzip, aus Feuer, oder — wie in späteren Schriften — aus einem mit dem Feuer nahe verwandten Stoff, Pneuma genannt, bestehe.

Hinsichtlich der Anatomie des Menschen war, wie erwähnt, die Osteologie verhältnismäßig genau studiert worden. Besonders die Hirnschale war gut untersucht, und ein großer Teil der Namen ihrer Knochen und Nähte stammt aus jenen alten Arbeiten. Auch die Knochen des Gesichtsschädels waren gut bekannt. Weniger genau war die Kenntnis des Rückgrates, während dagegen die Extremitätenknochen gut geschildert waren. Von den Muskeln wurden verschiedene, besonders solche in den Gliedmaßen, richtig beschrieben, während die Muskelsubstanz selbst nicht ganz genau von gewissen anderen inneren Organen unterschieden wurde. Einzelne Teile des Darmkanales erhielten Namen, aber es herrschten höchst unklare Vorstellungen über ihre Verbindung und Funktion, und sowohl die Namen, als auch die Beschreibung waren in den verschiedenen Schriften oft nicht einander entsprechend. Besonders die Leber interessierte im Altertum den Menschen, und ebenso auch die Milz; doch hatte man von den Funktionen beider nur höchst dunkle Vorstellungen. Von den Drüsen kannte man eine ganze Menge, besonders Lymphdrüsen; dagegen war das Pankreas unbekannt. Die Funktion der Drüsen sah man in der Ausscheidung von Wasser aus dem Körper. Von den Atemorganen wurden besonders der Kehlkopf und die Luftröhre eingehend geschildert, die Lungen aber summarisch abgehandelt. Die Atmung sollte dazu dienen, das Herz abzukühlen; in einer anderen Schrift heißt es, die eingeatmete Luft verteile sich in den verschiedenen Teilen des Körpers, im Gehirn, in der Leibeshöhle und den Adern. Die Darstellung des Blutgefäßsystemes

---

1) Vgl. Fåhraeus, The suspension stability of the blood. Stockholm 1921.

2) Die Lehre von den vier Temperamenten, die noch in unserer Zeit eine Rolle spielt, hat ihren Ursprung in der Theorie betreffend diese Säfte und ihre Verteilung im Körper. Bei sanguinischen Menschen ist das Blut, bei phlegmatischen der Schleim, bei cholerischen die gelbe und bei melancholischen die schwarze Galle vorherrschend.

ist, wie oben angedeutet, unklar. Die Kammern des Herzens werden einigermaßen richtig geschildert, aber es tritt schon hier der schwer ausrottbare Irrtum auf, als enthalte die linke Herzkammer kein Blut, sondern eine luftartige Substanz, was man durch Hinweise auf geschlachtete Tiere stützen will, bei denen ja dieser Ventrikel leer sein mußte nach dem Herausfließen des arteriellen Blutes aus den Halsschlagadern. Die Deutung des Adersystemes ist noch weit unklarer, als die des Herzens, und seine Beschreibung dazu noch in den verschiedenen hippokratischen Schriften äußerst widersprechend. Die rechte Hälfte des Herzens galt als Ausgangspunkt für die Bewegungen des Blutes, welches aus dem Körper hierher strömte, um aus der linken Herzkammer Wärme zu empfangen, — das vom Körper kommende Blut galt für „kalt“. Die linke Herzkammer erhielt nämlich ihre Wärme durch die Lungenadern aus der Luft. Auch die Arterien enthielten diese warme, die Lebenstätigkeit aufrechterhaltende Luftart, „Pneuma“ genannt, und verteilten sie weiter im Körper. Es ist in der Tat eigentümlich, daß sich diese uralte Metzgererfahrung von der Leere der linken Herzkammer und der Arterien trotz zahlloser von verschiedenen Forschern bei Obduktionen und Vivisektionen gemachten Erfahrungen bis in die letzte Zeit der antiken Wissenschaft erhalten hat[1]). Das erwärmte Blut wurde also aus der rechten Herzkammer durch ihre Pulsationen in den Körper getrieben. Im Gegensatz zu dieser primitiven Auffassung scheinen einige Hippokratiker doch schon eine wenn auch noch unklare Vorstellung von einem wirklichen Blutkreislauf gehabt zu haben.

Über das Nervensystem hatten die Schüler des Hippokrates eine, wenn möglich, noch unklarere Auffassung als über das Zirkulationssystem. Das Gehirn wurde angesehen für eine Drüse, deren Aufgabe darin bestehe, das Blut abzukühlen und Schleim aus dem Körper aufzunehmen. Dieser Schleim werde alsdann zugleich mit Wasser beim Schnupfen durch die Nase entleert. Einzelne Hippokratiker der späteren Zeit erlangten jedoch, wahrscheinlich unter dem Einfluß von Demokritos, eine richtigere Auffassung vom Gehirn und seinen Funktionen und halten es für das Zentrum der Gedanken, Gefühle und Bewegungen. Die Nerven werden regelmäßig mit den Sehnen verwechselt, gelegentlich auch mit Adern, und schon aus diesem Grunde ist jede richtige Beurteilung ihrer Funktion ausgeschlossen. Dennoch werden einige von

---

1) Diese Auffassung hatte natürlich auch ihre Stütze in der Religion, denn bei den Opfertieren waren stets die Arterien leer, und da das Innere dieser Tiere zu Orakelzwecken untersucht wurde, wäre es gewiß eine Kränkung der althergebrachten Überlieferung gewesen, hätte man hier widersprechende Ansichten geäußert.

den wichtigsten Gehirnnerven beschrieben und benannt. Der Bau des Auges war recht genau studiert, sowohl seine Häute und Flüssigkeiten, als auch die Pupille waren bekannt, nicht aber die Linse. Das Sehen geschah durch die Bildung eines Spiegelbildes vom Gesehenen auf der Pupille. Vom Ohr kannte man das knöcherne Labyrinth, den Gehörgang und das Trommelfell. Der Urogenitalapparat wird in seinen Hauptzügen geschildert, doch hatte man bezüglich der Befruchtung, wie überhaupt im ganzen Altertum, höchst phantastische Vorstellungen.

Mit der eigentlichen Zoologie hatten die Hippokratiker natürlicherweise wenig Veranlassung, sich zu befassen. Doch findet sich eine Schrift „Über die Diät“, in der 52 verschiedene genießbare Tiere aufgezählt werden, und zwar nach einem gewissen System geordnet — zuerst die vierfüßigen Tiere, die zahmen und die wilden, die Vögel, die Fische verschiedener Art, als da sind: Küstenfische, Schlammfische, Muscheln und Krebse. Dieses sogenannte Koische Tiersystem hatte den Vorzug, der erste primitive Versuch einer wirklichen systematischen Einteilung von Lebewesen in Kategorien zu sein.

Kapitel IV.

Ende der naturphilosophischen Spekulationen. Vorläufer von Aristoteles.

Mit den am Ende des vorigen Abschnittes charakterisierten Forschern, Demokritos, Hippokrates und seine Schule, findet ein ganzes Zeitalter in der Geschichte der Biologie seinen Abschluß — eine Periode, die man wohl mit Recht das Zeitalter der naturphilosophischen Spekulation nennen kann. Die Resultate ihrer Forschungen müssen als großartig bezeichnet werden, denn es wurde hier zum ersten Male in der Geschichte der Menschheit wirkliche Naturforschung getrieben, ein Verdienst, das auf das Höchste bewundert werden muß, so anspruchslos auch im einzelnen ihre Ergebnisse sein mochten. Die drei hervorragendsten Vertreter dieser Forschungsrichtung waren Anaximandros, Empedokles und Demokritos. Sie arbeiteten alle an der Erklärung des Seienden als eines natürlichen Geschehens, und Demokritos ging darin so weit, wie der menschliche Gedanke überhaupt jemals sich hat vorwagen können. Indessen bereitete sich schon zu seinen Lebzeiten ein Umschwung vor, der in kurzer Zeit die Gedankenarbeit der Griechen in ganz andere Bahnen lenkte. Den ersten Anstoß zu dieser Veränderung gab, wie oben erwähnt, die Schule der Sophisten. Das Neue in ihrer Lehre war die Subjektivität: „Der Mensch ist das Maß der Dinge“. Gegen diese im Grunde richtige Behauptung konnten die alten

„Physiker“ nichts einwenden — Ihrer Weltanschauungen waren in der Tat so viele, wie sie selbst, und jeder von ihnen konnte nicht anders, als dogmatisch erklären, daß seine Ansicht die richtige wäre, und einige mehr oder weniger mangelhafte Beweise für ihre Wahrheit beibringen. Die Behauptung der Sophisten, der Mensch sei das Maß der Dinge, machte bis auf weiteres jede objektive Naturerklärung unmöglich, denn lohnte es sich, darüber zu diskutieren, was jeder von seinem Standpunkt aus sah, wenn alle in gleicher Weise recht haben konnten? Die Sophistik führte indessen selbst in ihrer konsequenten Durchführung zu reinem Nihilismus, sowohl intellektuell, indem man bestrebt war, durch sinnreiche Wortspiele, „Sophismen“, jedes Beliebige zu beweisen, als auch moralisch, da alle herkömmlich gute Sitte als Fessel individueller Freiheit verachtet wurde. Sollte nicht alles wissenschaftliche Denken zugrunde gehen, mußte die Rettung in einer völligen Richtungsänderung der Gedankenarbeit gesucht werden. Diese fand man in der Annahme, der Menschengedanke, mag er noch so sehr das Maß der Dinge sein, wie sie sich hier auf Erden zeigen, sei doch selbst ewigen Gesetzen unterworfen, die unumstößlicher wären als diejenigen, welche die alten Physiker im Seienden sahen. Diejenigen, welche die griechische Philosophie davor bewahrten, in leeren Haarspaltereien und elenden Rabulistereien unterzugehen, waren zwei Athener, Sokrates und sein Schüler Platon. Sokrates wirkte ausschließlich auf ethischem Gebiete; hier suchte er Normen, die, für alle bindend, nicht aus der alten Tradition, sondern aus dem Bewußtsein des einzelnen Menschen hergeleitet wurden. „Ein jeder kann tugendhaft werden, wenn er nur die Tugend kennen lernt“, war sein Hauptgrundsatz, und diese Erkenntnis glaubte er durch eine göttliche Stimme in seinem Innern zu vernehmen, welche er auch bei seinen Mitmenschen wecken zu müssen meinte. Die Natur interessierte ihn absolut nicht; die Straßen Athens waren seine Stätte, aber Bäume und Steine, meinte er, könnten ihn nichts lehren.

Platon, Sokrates’ Schüler, verallgemeinerte die Lehre seines Meisters von den Normen auf dem ethischen Gebiet so weit, daß sie bald das ganze Seelenleben des Menschen umfaßte. Geboren zu Athen im Jahre 429 aus einem vornehmen Geschlecht, schloß er sich früh Sokrates an, verließ nach des Meisters Tode Athen und unternahm weite Reisen. Wieder heimgekehrt, gründete er in Athen eine Vereinigung von Schülern, „die Akademie“, welche nach seinem im Jahre 347 erfolgten Tode noch lange fortlebte. Gleich Pythagoras war er ein geschickter Mathematiker und vereinigte, wie jener, die Vorliebe für bindende mathematische Schlüsse mit einem starken Hang zur Mystik. Im Dialog „Timaios“, wo er seine Theorie über die Entstehung

des Weltalls und die Körperfunktionen des Menschen und sein Verhältnis zur Natur entwickelt, hat er eine poetisch großartige, aber rein mythische Schöpfungsgeschichte geschaffen, die zwar für sein hohes ethisches Streben Zeugnis ablegt, aber naturwissenschaftlich nicht mehr bedeutet, als irgendwelche von den alten Volksmythen über die Schöpfung. Die Welt ist geschaffen worden von einem ewigen und vollkommenen Gott, und deshalb kann es nicht unendlich viele Welten geben, wie Anaximandros und Demokritos wollen, sondern nur eine, und diese muß die vollkommenste aller Formen, die Kugelgestalt, haben. Die Atomtheorie des Demokritos nahm er insofern an, als er sich alle Dinge aus kleinen Teilchen zusammengesetzt dachte, aber diese waren nicht unendlich variierend, sondern nur fünf, entsprechend den fünf regulären Vielecken der Raumgeometrie, unter deren hervorragendsten Begründern wir Platon finden, — so daß jedes Element seine Atomform hat: das Feuer die Pyramide, die Erde den Kubus, die Luft den Oktaeder und das Wasser den Ikosaeder, den Dodekaeder repräsentiert der Himmel. Diese geometrische Atomform ist zwar an und für sich nicht dogmatischer als die ganze Atomtheorie des Demokritos, aber der Ausgangspunkt für ihre Naturbetrachtungen ist es, worin der Gegensatz zwischen beiden Denkern liegt. Denn während Demokritos von den Atomen ausgeht und die von ihnen gebildete Materie als das einzige wirklich Existierende ansieht, verlegt Platon die wahre Wirklichkeit in die Welt des abstrakten Gedankens und hält das sinnlich Wahrnehmbare für ein mangelhaftes Abbild des ewigen, nur für den Gedanken erreichbaren Ideals, der Gottheit. Je näher dieser Gottheit die Dinge liegen, desto vollkommener und beseelter sind sie. Deshalb haben die Sterne am Himmel ein höheres Seelenleben als der Mensch und sind der Gottheit ähnlicher geschaffen. Vom Menschen wurde zuerst das Haupt geschaffen, in dem Platon gleich Demokritos das Organ des Seelenlebens sah. Das Haupt hat annähernd die dem Ideal entsprechende Kugelform, und Rumpf und Glieder sind geschaffen, dem Haupt die Mühe zu ersparen, auf dem Boden dahinzurollen. Im Rumpfe wohnt eine niedere, sterbliche Seele, deren bester Teil, das Herz, das Organ der Tapferkeit, durch das Zwerchfell von dem Organ tierischen Begehrens, dem Verdauungsapparat, geschieden ist, dessen wichtigster Teil, die Leber, indessen doch das Verdienst hat, im Schlafe Träume hervorzurufen, aus denen man die Zukunft erfahren kann. Die Pflanzen auf unserer Erde sind dem Menschen zur Nahrung geschaffen; die Tiere sind entstanden aus Menschen, deren Seelen degeneriert und deshalb in eine schlechtere Behausung gebannt worden sind. Zuerst wurden aus den Seelen feiger Männer Weiber, dann Vögel und Vierfüßler aus solchen Menschen, die ihre Intelligenz

vernachlässigten, und schließlich wurden die allerelendsten Seelen in Wassertiere gebannt, „die nicht einmal reine Luft atmen dürfen“. Diese Seelenwanderungslehre erinnert offenbar an die des Pythagoras, von dem wohl auch Platons Zahlenmystik herstammt, auf die wir hier nicht weiter eingehen können.

Es könnte unnötig scheinen, daß wir so lange bei diesen Phantastereien verweilten. Sie sind jedoch wert, beachtet zu werden, denn ihr Urheber hat einen selten tiefen Einfluß auf die menschliche Kultur im allgemeinen ausgeübt, und wie wir sehen werden, auch einen nicht geringen auf die Entwicklung der biologischen Wissenschaft. Seine oben angeführten naturphilosophischen Spekulationen haben dabei eine geringe Rolle gespielt, denn Platons großer Einsatz liegt im Gebiete rein ideellen Gedankenlebens. Der Menschengeist ist, wie er betont, an Gesetze gebunden, die weit strenger sind als die, welche man aus den Geschehnissen der Natur ableitet. Auf diese unverrückbaren Normen für die Tätigkeit der Seele wurde er geführt durch Betrachtungen auf ethischem Gebiet, wo er unter Sokrates' Leitung eine feste Übereinstimmung zwischen den Handlungen des Menschen und ihren Folgen fand. Nach dieser Errungenschaft machte er sich an die Ausbildung dieser Lehre von den unverrückbar gesetzmäßigen Verhältnissen in der Welt der Ideen, in der er, wie gesagt, das wirkliche Sein sah, von dem die in der Natur sichtbaren Vorgänge bloß ein Abbild sind. Jedes Ding auf unserer Erde hat demnach sein Vorbild in einer ewigen Idee; jedes einzelne Pferd ist z. B. ein unvollkommenes Abbild der Idee Pferd, die ewig und vollkommen ist. Hierdurch wurde Platon Schöpfer der Begriffssystematik, die in der Biologie eine so große Rolle gespielt hat — aus der Idee Pferd im Gegensatz zum Individuum wurde der Artbegriff und mit der Zeit ebenso alle höheren systematischen Kategorien. Welchen Einflüß dieses auf die biologische Forschung gehabt hat, ist leicht einzusehen. Eine Menge von einzelnen systematischen Begriffen, z. B. die dichotomischen Bestimmungstabellen für Gattungen und Arten, stammen aus Platons Schule. Dabei war Platon als Mathematiker bestrebt, seine Schlüsse so bindend wie möglich zu machen, damit der Hörer und Leser einsehen sollte, daß das Resultat der Untersuchung so sein mußte und nicht anders sein konnte. Er legte also zum ersten Male in der Geschichte der Wissenschaft nicht nur Behauptungen, sondern auch Beweise für dieselben vor, die zwar auf abstrakten Erwägungen beruhten, aber jedenfalls formell überzeugend waren.

Wenn auch Platon durch Begründung der biologischen Systematik mächtig zur Entwicklung der Biologie beitrug, so wurde andererseits sein Wirken in anderer Hinsicht für diese Wissenschaft verhängnisvoll. Das Hervorheben der Ideenwelt als des einzig wirklich Seienden führte

zur Unterschätzung der Natur und der Sinne, mittels deren der Mensch sie wahrnimmt. Platon hatte wohl ein offenes Auge für die Relativität und Beschränktheit von Sinneswahrnehmungen[1]), aber nicht für die Willkürlichkeit, zu der das abstrakte Denken führen kann, wenn es nicht durch Tatsachen kontrolliert wird. Im „Timaios“ erklärt er ausdrücklich, daß durch Sinneswahrnehmungen keine wirkliche Erkenntnis zu erlangen wäre, sondern daß sie bloß zu Zeitvertreib und Augenweide dienten. Diese Behauptung ist später von unzähligen idealistischen Philosophen jeder Größe wiederholt worden. Platon, der Schöpfer und vielleicht auch der bisher größte Vertreter der idealistischen Philosophie, ist auch der Urheber jener Geringschätzung, mit der diese sonst um die Entwicklung des menschlichen Denkens so hoch verdiente Richtung der Naturforschung begegnet. Und in der Tat beweist die Geschichte, daß die Gleichgültigkeit gegen das Studium der Natur stets um so größer war, je mehr die idealistische Philosophie den Wissensdrang der Menschen beherrschte. Weit mehr, als die herkömmlichen Religionen, ist die idealistische Philosophie der Antagonist der Naturwissenschaften gewesen.

Platons Schüler wandelten im allgemeinen die Wege ihres Meisters. Von den exakten Wissenschaften interessierte sie meist nur die Mathematik, die sie fleißig bearbeiteten. Sonst beschäftigten sie sich gleich mehreren anderen aus Sokrates' Kreis hervorgegangener Denkerschulen meist mit ethischen Fragen. Doch hatte schon zu Lebzeiten Platons einer seiner Schüler begonnen, sich in verschiedener Hinsicht von den Lehren des Meisters frei zu machen und als Leiter einer neuen Richtung in der Philosophie aufzutreten. Dieser Mann war Aristoteles, der größte Biologe des Altertums und einer der vielseitigsten Naturforscher aller Zeiten.

Kapitel V.

Aristoteles.

Aristoteles wurde im Jahre 384 v. Chr. in Stagiros, einer kleinen griechischen Kolonie an der makedonischen Küste geboren. Sein Vater Nikomachos gehörte einer alten Asklepiadenfamilie an und war gleich mehreren seiner Vorfahren Leibarzt der makedonischen Königsfamilie. Seine Vorgänger unter den griechischen Denkern hatten in bewegter

---

1) So stand auch schon Demokritos, wenn er auch nicht imstande war, diesen Gedanken weiter zu entwickeln.

und unruhiger Umgebung in Städterepubliken gelebt, Aristoteles aber verbrachte seine Kindheit an einem Königshof und noch dazu an einem halb barbarischen. Dieser Umstand hat sicher viel beigetragen zu dem Gepräge seiner Persönlichkeit und seines Denksystems; er wurde in jeder Hinsicht ein Mann der Autorität und des Konservatismus. Er verlor früh seinen Vater, und seine Mutter Faistias zog zurück in die Heimatstadt, um dort die Kinder zu erziehen. Seinen ersten Unterricht erhielt Aristoteles nach alter Asklepiadentradition von den Amtsbrüdern seines Vaters, die ihn in das biologische und medizinische Wissen ihres Standes einweihten. Indessen mußte ein richtig ausgebildeter Arzt auch philosophisch gebildet sein, und zu diesem Zweck wurde Aristoteles mit 18 Jahren nach Athen auf Platons Akademie geschickt. Hier, wo er sich 20 Jahre lang aufhielt, wurde er in des Meisters Lehren eingeweiht, verfaßte seine ersten Schriften und begann jetzt schon mit seiner Opposition gegen die Autorität des Lehrers, was dieser nicht gern gesehen haben soll. Nach Platons Tod wurde Aristoteles trotz seines schon damals gefestigten Ansehens bei der Wahl des Leiters der Akademie übergangen und zog nach Kleinasien, wo er sich am Hofe des persischen Vasallenfürsten Hermeias zu Atarneus niederließ, der ihm seine Nichte zur Frau gab. Hermeias jedoch fiel einige Jahre später einer Revolution zum Opfer, und Aristoteles mußte in sein Vaterland nach Makedonien flüchten. Hier erhielt er den Auftrag, den Thronfolger Alexander, den späteren Welteroberer, zu unterrichten, und war damit 3 Jahre (338—335) beschäftigt. Welchen Einfluß der Lehrer auf den Schüler ausübte, ist schwer festzustellen; jedenfalls war im großen und ganzen das Verhältnis zwischen beiden gut, wenn auch Alexanders immer mehr hervortretender Despotismus und seine barbarischen Wutausbrüche einem so fein gebildeten und beherrschten Mann, wie Aristoteles, zuwider sein mußten. Der Unterricht wurde übrigens glänzend bezahlt und machte Aristoteles zum reichen Mann, der fortab frei war in der Wahl von Wohnort und Wirkungsgebiet. Er zog nun zurück nach Athen und lebte hier unter Alexanders Schutz und verehrt von zahlreichen Schülern 12 Jahre. In dieser Zeit entwickelte er eine rastlose Tätigkeit. Er erhielt das Recht, für seinen Unterricht einen dem Apollo Lykaios geweihten Tempel zu benutzen. Nach diesem wurde die Schule Lykaion, lateinisch Lyceum, genannt, die somit ein Vorbild für gelehrte Bildungsanstalten der ganzen Welt wurde. Hier hielt Aristoteles jeden Morgen wissenschaftliche Vorlesungen für seine ausgewählten Schüler, oft alte, angesehene Männer der Wissenschaft, die mit ihm zusammen arbeiteten, und abends außerdem noch gemeinverständlichere Kurse für jüngere Hörer. Daneben fand er noch Zeit zu einer unerhört umfassenden

Tätigkeit als Verfasser auf den verschiedensten Gebieten der Logik, Metaphysik, Kunstlehre, Politik, Psychologie und Biologie. Diese außerordentliche Vielseitigkeit zeugt von einer unerschöpflichen Arbeitskraft und großartigem Organisationstalent; denn es ist klar, daß seine Schüler die grobe Arbeit verrichten mußten. Vom politischen Leben hielt sich Aristoteles fern, zumal da er ja in Athen ein Fremdling war. Übrigens war er konservativ und Monarchist, und als nach Alexanders Tode Athen sich gegen die makedonische Macht empörte, wurde seine Stellung gefährdet. Da man ihm anders nicht beikommen konnte, klagte man ihn wie Sokrates der „Gottlosigkeit" an. Um, wie er selbst sagte, den Athenern ein neues Verbrechen gegen die Philosophie zu ersparen, floh er nach Euböa, wo er bald darauf im Jahre 322 starb. Seinem Äußeren nach wird er als ein kleiner und korpulenter Mann geschildert; seine Haltung war stolz, sein Wesen überlegen und sarkastisch, seine Kleidung und Lebensgewohnheiten waren hofmännisch verfeinert und elegant. Dieses verschaffte ihm persönliche Feinde, die sein Ansehen herabzusetzen suchten. Doch konnten gegen ihn als Privatmann keinerlei gravierende Beschuldigungen vorgebracht werden. Er eignete sich zwar sehr vorurteilsfrei die Arbeitsresultate älterer Forscher an, doch waren die Begriffe vom literarischen Eigentumsrecht damals noch nicht so feststehend wie heute, und er behandelte dafür wiederum Andersdenkende mit wirklicher Humanität. Seine Polemik ist, wo sie vorkommt, stets anständig und sachlich. Gegen seine Familie, seine Freunde und Schüler, ja sogar gegen seine Sklaven war er liebevoll und fürsorglich.

Aristoteles' Wirkungsgebiet war, wie gesagt, enorm umfassend, und ebenso universal war auch sein Einfluß, der sich in Jahrtausenden über weit getrennte Gebiete, wie Biologie, Metaphysik, Staatslehre und Theorie der Künste, erstreckte. Hier kann natürlich nur sein Wirken innerhalb der Biologie eingehender behandelt werden, daneben müssen allerdings auch seine allgemeinen Ideen in dem Maße berührt werden, als sie von Einfluß auf seine Auffassung vom Leben in der Natur sind. Und ebenso mannigfaltig, wie seine eigenen Interessen, sind auch die Urteile, die andere über ihn gefällt haben, — er ist in den Himmel erhoben und in den Schmutz gezogen worden. Am treuesten haben im allgemeinen die Biologen zu ihm gehalten; noch bis in die letzte Zeit, ja nicht zum mindesten in diesen Tagen, hat er ergebene Bewunderer, und merkwürdigerweise ist er von harten Urteilen verschont geblieben, welche oft neuere Biologen über ihre Vorgänger, einen Linné z. B., zu fällen beliebten. Viel strenger haben die eigentlichen Philosophen über ihn abgeurteilt — sie haben weit schärfer die Mängel seines Gedankengebäudes und die Schwächen seiner Konstruktionen erspäht. Die idea-

listischen Philosophen beschuldigten ihn, die Ideenlehre Platons verpfuscht zu haben, während die kritische Philosophie hingegen seine dogmatische Weltanschauung tadelt. Doch hat niemand seinen unerhörten Einfluß auf Zeitgenossen und Nachwelt leugnen können.

Als Denker geht Aristoteles von Platon aus. Nach Platon sind die Ideen von Ewigkeit her bestehende Wirklichkeiten, von denen die irdischen Dinge ein unvollkommenes Abbild sind. Aristoteles nahm die Lehre von den Ideen auf, aber suchte die Schwierigkeit, die durch die Frage, wie die Ideen sich zu den Dingen wirklich verhalten und wie sie auf diese einwirken, entsteht, dadurch zu besiegen, daß er sich die Ideen nicht außerhalb der Dinge und unabhängig von ihnen existierend dachte, sondern in die Dinge selbst verlegte. Und als die Idee eines jeden Dinges, als dessen wahre Wirklichkeit, betrachtete er seine Form. Die Form ist die Wirklichkeit des Dinges, die Materie ist eine Möglichkeit, welcher die Form Wirklichkeit verleiht. Die Bronze, aus der ein Bildnis geformt werden soll, ist die Möglichkeit, die Form, welche ihm der Bildhauer gibt, macht das Bildnis zur Wirklichkeit. Diese aus dem Menschenleben hergeleitete Betrachtungsweise wendet Aristoteles mit unerschütterlicher Konsequenz auf die ganze Natur, sowohl auf die lebende, als auch auf die unbelebte an. Der Keim ist also eine Möglichkeit, aus der sich die keimende Pflanze, die Wirklichkeit, entwickelt. Dasselbe gilt vom Ei und Embryo und ihrem Verhältnis zu dem Wesen, das sich aus ihnen entwickelt. Jedes niedere Entwicklungsstadium ist also eine Möglichkeit im Verhältnis zu dem höheren Entwicklungsstadium, das seine Verwirklichung bildet. So erhalten wir eine ganze Serie von Entwicklungsstadien, beginnend mit der vollkommen formlosen Materie, die nur Möglichkeit ohne jede Wirklichkeit ist, durch die leblose Natur, wo die Materie stärker ist als die Form, bis zu der lebenden, wo die Form über die Materie herrscht. Die Form der lebenden Wesen ist die Seele, und je höher diese entwickelt ist, desto mehr beherrscht sie die Körpermaterie. Die Pflanzen haben eine niedere Art von Seele, die nur lebt, aber nicht empfindet; das Tier hat außerdem eine höhere, empfindende Seele und zum Schluß der Mensch eine bewußte Vernunft. Das Mittel, durch welches die Form ihre Herrschaft über die Materie ausdrückt, ist die Bewegung. Alles, was im Universum geschieht, ist Bewegung, und je formvollendeter die Bewegung ist, desto höherer Entwicklung entspricht sie. Daher ist unsere Erde mit ihren vielen Unregelmäßigkeiten eine niedere Form als der Himmel, dessen Körper die vollkommenste Bewegung, die Kreisbewegung, besitzen. Die Himmelskörper werden in ihrer Lage und Bewegung dadurch erhalten, daß sie in durchsichtigen Sphären schichtenweise übereinander eingefügt sind. Sie erscheinen

also Aristoteles, ebenso wie Platon, als höhere Daseinsformen als die Erde und ihre Bewohner, der Mensch inbegriffen, und außerhalb der äußersten Himmelssphäre ist die reine, von aller Materie befreite Welt der Formen, die höchste seelische Existenz, Gott, der Ursprung aller Bewegung. Da also das Sein seinen Grund in der höchsten Vernunft hat, ist es natürlich, daß alles, was geschieht, eine vernünftige Ursache hat und jedes Ding da ist, um einem bestimmten Zweck zu dienen. Und dieser Zweck ist überall die Entwicklung zu einer höheren Form, das Streben nach einem höheren Sein. Die Naturnotwendigkeit und ihre Ursache, der Zufall, spielen wohl auf der Erde eine Rolle, aber nur als unvollkommene Begleiter der Materie; in den Himmelssphären geschieht nichts zufällig, sondern alles ist vernünftig, und auch auf der Erde siegt die höhere Vernunft über ihren minderwertigen Widersacher. Eben deswegen wird auch das Leben auf der Erde, der Mensch mit inbegriffen, von der höheren Vernunft, welche die Himmelskörper repräsentieren, beherrscht, und letztere empfangen ihre Vernunft direkt von der Gottheit.

So also macht Aristoteles seine biologische Theorie zu einem Gliede in der allgemeinen Kosmogonie, die er aufbaut auf dem Grundprinzip, daß die Form, das ist der Geist, über die Materie herrscht und die Bewegung der Anfang aller Dinge ist. Dieses ganze Gedankengebäude ist ja für die Auffassung unserer Zeit so fremd als möglich; weit näher steht uns die Atomlehre des Demokritos. Und doch bedeutet Aristoteles' Theorie einen unbedingten Fortschritt auf biologischem Gebiete. Es wird hier nämlich zum ersten Male ein wirklich durchgeführter Entwicklungsgedanke ausgesprochen. Für die alten Naturphilosophen und auch für Demokritos war das Dasein ein planloser Wechsel verschiedener Formen. Aristoteles dagegen sah eine folgerichtige Entwicklung von niederen Daseinsformen zu höheren. Und obgleich auf rein metaphysischen Spekulationen beruhend, wurde dieser Gedanke gerade auf dem Gebiete der Biologie fruchtbringend für alle Zeiten, da er mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmt. In voller Übereinstimmung mit diesem seinem Grundprinzip beschäftigte sich Aristoteles auch mit der Entwicklung vom Ei und Embryo bis zum voll ausgebildeten Stadium und hat auf diesem Gebiete seine wichtigsten Beiträge zur biologischen Forschung geliefert. Im übrigen umfaßte seine Forschungs- und Lehrtätigkeit die ganze damals bekannte Biologie, wie überhaupt alle Erscheinungen in der Natur. Von seinen rein biologischen Arbeiten sind folgende bis auf unsere Zeit erhalten geblieben: zehn Bücher „Über das Leben der Tiere", von denen jedoch drei für unecht gehalten werden, vier Bücher „Über die Teile der Tiere" und fünf Bücher „Über die Fortpflanzung der Tiere", dazu

noch drei Bücher „Über die Seele“. In diesen Arbeiten hat er das ganze Wissen seiner Zeit über das Tierleben gesammelt, sowohl seine und seiner Schüler eigene Beobachtungen, als auch alles, was seine reiche Bücherei von den Beobachtungen älterer Forscher zu melden wußte. Diesen ganzen Stoff hat er bearbeitet in der Absicht, ihn in seine allgemeine Welttheorie einzureihen. Es ist gesagt worden, daß „in gleicher Vollkommenheit nie mehr die Absicht durchgeführt worden ist, die Biologie als Teil der Allgemeinwissenschaft einzugliedern, sie aber auch andererseits als Ganzes aus den Erscheinungen systematisch durch eigene Beobachtung, Aufnahme fremder mündlich und literarisch überlieferter Angaben aufzubauen“ (Burckhardt). Dieses ist wahr, und die Ursache hierfür ist zu suchen in der einzig dastehenden Begabung für die rein formale Seite des Denkens, die Aristoteles eigen ist, — ist er doch der Schöpfer der formalen Logik, und gelten nicht auf diesem Gebiete seine Gesetze fast unverändert bis auf den heutigen Tag. Darum ist er auch der Begründer der biologischen Systematik nicht nur in der Weise, daß er die Grenzen der Kategorien fixierte, in die das menschliche Denken seit Urzeiten die Naturobjekte einzuordnen suchte, und sie den allgemeinen von ihm geschaffenen Denkgesetzen unterordnete, sondern auch dadurch, daß er die Vorgänge, die das Leben in allen seinen Formen begleiten, zu deuten und zu einem gesetzmäßig geregelten Ganzen zusammenzufassen suchte. Durch diese Arbeit hat er, wie kein anderer, den Weg geebnet für die weitere Ausformung der Biologie zu einer auf festen Prinzipien gegründeten Wissenschaft. Sein Einfluß reicht noch bis in unsere Tage, und mancher Biologe unserer Zeit hat direkt einzelne Ausdrücke aus seiner Terminologie wieder eingeführt und steht direkt oder indirekt, besonders in Fragen der Entwicklung, unter dem Einfluß seiner Ideen. Doch hat seine große Begabung für das Formale auch ihre Schattenseiten. Er, der in der Form den wirklichen Inhalt des Daseins sah, konnte sich die Welt nicht anders als begrenzt denken, und zwar sphärisch, weil das die vollendetste Form sei, und ebensowenig wie eine unbegrenzte Welt, konnte er sich unbegrenzte Wissensmöglichkeiten vorstellen. Er hob hingegen ausdrücklich hervor, daß sein eigenes System so abgeschlossen, wie es war, die Lösung aller Fragen ermöglichte. Aus diesem Grunde geht er auch auf die Diskussion aller Fragen ein, selbst solcher, auf die in unserer Zeit das alte Sprichwort passen dürfte, ein Tor kann mehr fragen, als sieben Weise beantworten können. Oft glaubt man, beim Lesen seiner Schriften die Einwände eines naseweisen Schülers zu hören, die der Meister mit unerschütterlicher Ruhe aufnimmt und mit untrüglicher Sicherheit nach den Prinzipien seines Systemes beantwortet, z. B. solche: warum werden Männer glatz-

köpfig und Frauen nicht, warum gebärt die Sau viele Ferkel und die Kuh nur ein Kalb usw. Das bewirkt, daß man in seinen Schriften bald einen Biologen mit fast moderner Auffassung der Lebensvorgänge, bald einen scholastischen Meister im Disputieren aus einer mittelalterlichen Universität vor sich zu haben meint. Vieles von dieser Unausgeglichenheit kann freilich auf ungenügender Durcharbeitung seiner Schriften beruhen; manches stammt wahrscheinlich aus von Schülern herausgegebenen Vorlesungsnachschriften, welche nicht frei von mißverstandenen Aussprüchen waren.

Ein eingehendes Referat der biologischen Werke von Aristoteles würde hier zu weit führen und eine ermüdende Häufung von Einzelheiten herbeiführen, von denen wir übrigens eine gewisse Vorstellung erlangen, wenn wir, wie das im folgenden geschieht, einen kurzgefaßten Bericht über seine Stellung zu den verschiedenen Hauptgebieten der Biologie geben.

Hinsichtlich der Tiersystematik ist Aristoteles, wie gesagt, grundlegend durch Unterscheidung einer Menge systematischer Kategorien, die er nach verschiedenen Gesichtspunkten charakterisiert. „Die Tiere können eingeteilt werden nach ihrer Lebensweise, ihren Handlungen, ihren Gewohnheiten und ihren Körperteilen.“ Auf Grund der drei ersten Gesichtspunkte werden Land- und Wassertiere unterschieden; von letzteren leben stets im Wasser die Fische; andere leben zwar meist in ihm, atmen aber und gebären Junge außerhalb des Wassers, z. B. der Otter, der Biber, das Krokodil. Ferner können die Wassertiere teils schwimmen, teils kriechen, teils sind sie angewachsen. Ähnlich werden auch die Landtiere charakterisiert hinsichtlich des Aufenthaltsortes und der Lebensweise, der Nahrung, der Gewohnheiten und des Charakters. Die wichtigsten Einteilungsgründe geben indessen die Körperteile der Tiere, sowohl die äußeren, als auch die inneren: Bewegungsorgane, Atmung, Sinnesapparate, Blutzirkulation. Durch Zusammenstellung verschiedener Eigenschaften werden Gruppen charakterisiert und abgegrenzt. Diese Gruppen sind verschieden groß: „Etliche Tiere, wie die Vögel, Fische und Wale, lassen sich in große Abteilungen vereinigen“, ferner die Tintenfische, die Schaltiere oder Muscheln und die Krebstiere. Andere dagegen sind schwerer einzuteilen, wie die vierfüßigen Tiere, die zwar in eierlegende und lebendiggebärende eingeteilt werden, aber sich nicht weiter in Unterabteilungen trennen lassen und daher jedes für sich charakterisiert werden müssen. Die Kategorien, welche Aristoteles in dieser Weise schuf, hat er nie zusammengestellt; sein tabellarisch geordnetes, allbekanntes sogenanntes System ist von anderen aus seinen Schriften exzerpiert worden und braucht hier um so weniger wiederholt zu werden, als es von ver-

schiedenen Verfassern verschieden wiedergegeben wird. Übrigens hat er nur zwei systematische Kategorien, Genos und Eidos, von denen die zweite der einzelnen Tierform, Pferd, Hund, Löwe, die erste allen Zusammenfassungen höherer Grade entspricht. Aus diesem Grunde kann sein System nicht mit dem viele Kategorien enthaltenden Linnéschen verglichen werden, was aber keineswegs die für alle Zeiten bahnbrechende Bedeutung desselben mindert.

Im Anschluß an das System des Aristoteles mag hier mit wenigen Worten seine Formenkenntnis, das Material zu seinem System, berührt werden. Man hat in seinen Schriften ungefähr 520 von den Arten wiedererkannt, die die heutige Zoologie kennt. Alle diese Formen sind in Griechenland und seinem Meer zu Hause, und dabei ist zu bemerken, daß ihn die Meeresfauna fast mehr interessiert hat als die Landfauna. Fische, Weichtiere und Krustazeen sind in seinen Werken besser vertreten als die Landtiere. Genau das Gegenteil war später bei Linné der Fall. Exotische Tiere kennt er bloß nach den Beschreibungen anderer. Die oft wiederholte Erzählung, Alexander hätte ihm Untersuchungsmaterial aus den von ihm eroberten Ländern geschickt, kann nicht auf Wahrheit beruhen. Das Krokodil z. B. beschreibt er wörtlich nach Herodotos und nimmt ohne weiteres dessen Angabe für wahr an, der Oberkiefer dieses Tieres sei mit dem Unterkiefer gelenkig verbunden, was er, wenn er ein Krokodil gesehen, nie getan hätte. Noch merkwürdiger ist es, daß er nie einen Löwen gesehen oder genauer untersucht zu haben scheint; er behauptet nämlich, dieses Tier hätte keine Halswirbel, sondern an ihrer Stelle einen einzigen zusammenhängenden Knochen. An einer anderen Stelle gibt er an, die Knochen des Löwen seien so hart, daß sie gleich dem Feuerstein beim Schlagen Funken gäben, und daß sie angeblich keine Markhöhlen hätten. Wieviel Aristoteles überhaupt aus dem Wissen seiner Vorgänger entliehen hat, ist nicht möglich zu entscheiden, da deren Schriften verloren gegangen sind und er niemals andere zitiert, außer zu polemischen Zwecken. Aber Fälle, wie die oben erwähnten, zeugen unleugbar von einer recht kritiklosen Benutzung fremder Quellen, und offenbar beruht Aristoteles' Verdienst weniger auf den von ihm konstatierten Tatsachen, als auf der systematischen Bearbeitung des Tatsachenmaterials, über das er verfügt. Und diese Bearbeitung ist in der Tat so vielseitig, als es die Mittel der damaligen Zeit gestatteten. Ihn interessiert nicht bloß die äußere Gestalt und das Vorkommen der Tiere, er studiert auch die Wanderungen der Vögel und Fische und sucht ihre Ursachen zu ergründen, er prüft die Äußerungen von Intelligenz bei Tieren und stellt überall eingehende Vergleiche zwischen verschiedenen Lebensformen an.

In erster Linie jedoch beschäftigt ihn der anatomische und morphologische Bau der Tiere sowie ihre Fortpflanzung. Diesen beiden Gebieten widmet er die eingehendste Bearbeitung, und hier zeigt sich am deutlichsten seine Bedeutung als Schöpfer der vergleichenden Naturforschung. Seine Schriften über die Anatomie des Menschen sind verloren gegangen, doch ist seine große Tierbeschreibung hauptsächlich eingenommen von Fragen der Anatomie. Hier, gleich am Anfang dieses Werkes, betont er, daß die anatomische Untersuchung vergleichend sein muß; das weniger Bekannte muß durch den Vergleich mit Bekannterem erklärt werden, und da der Körperbau des Menschen am besten bekannt ist, soll er als Ausgangspunkt dienen. Nach dieser Methode studiert er die Teile des Körpers, sowohl die äußeren, als auch die inneren. Seine allgemeine Auffassung von der Anatomie hat Empedokles und die Hippokratischen Schriften, sicher aber auch Demokritos zum Ausgangspunkt. Mit dem erstgenannten nimmt er an, daß alle Wesen aus den vier Elementen zusammengesetzt seien, und die Gegensätze warm und kalt spielen auch bei ihm eine dominierende Rolle. Seine Darstellungen aus der menschlichen Anatomie, die das erste Buch seines Werkes über das Leben der Tiere umfaßt, sind verschiedenwertig, vieles in ihnen beruht sicher auf Angaben anderer. Die Darstellung jedoch ist übersichtlich und stilistisch meisterhaft. Hinsichtlich der inneren Anatomie erklärt er offen, daß ihre Resultate auf Sektion von Tieren beruhen, und im ganzen unterscheiden sie sich nicht sehr von den oben geschilderten Hippokratischen Schriften. Das Herz ist daher auch bei Aristoteles der Sitz der Seele und das Organ des Intellekts; das Gehirn dient zur Produktion von Schleim und zur Abkühlung des Blutes. In letzterer Hinsicht bleibt seine Auffassung hinter der von Demokritos und Platon zurück. Das Zirkulationssystem wird in derselben Weise, wie bei Hippokrates, geschildert. Die verschiedenen Teile des Verdauungskanales werden einigermaßen richtig beschrieben, aber über die Physiologie der Verdauung herrschen bei ihm höchst primitive und unklare Begriffe, was nicht zu verwundern ist, da die chemische Wissenschaft noch nicht existierte. Das „Kochen“ spielt in seiner Physiologie die Hauptrolle: die Nahrung „kocht“ im Darmkanal, das Herz pulsiert durch regelmäßiges „Aufkochen“ des Blutes. Über das Nervensystem sind die Begriffe ebenfalls dunkel: das Gehirn ist, wie gesagt, kalt, das Rückenmark dagegen warm, Nerven und Sehnen werden verwechselt. Die Schnecke des Ohres wird beschrieben, ebenso auch die Häute des Auges; die Augenflüssigkeit empfängt die Gesichtseindrücke. Eigentümlich ist es, daß viel Volksaberglaube für wahr gehalten wird, z. B. die Möglichkeit der Chiromantie, und daß plattfüßige Menschen hinterlistig seien. In der vergleichenden Anatomie

und Morphologie der Tiere zeigt Aristoteles sein vielseitiges Interesse für Lebensformen jeglicher Art und seine große Fähigkeit, Beobachtungen über verschiedene Eigenschaften mit zutreffenden Charakteristiken zu verbinden. „lebendiggebärende Vierfüßer haben Haare, eierlegende dagegen Schuppen.“ „Ein einhufiges Tier mit zwei Hörnern habe ich nie gesehen“ . . . „Hauzähne und Hörner gleichzeitig hat kein Tier.“ Auch über Vögel und Kriechtiere werden viele gute Beobachtungen angeführt, beispielsweise über den äußeren Bau ihrer Sinnesorgane. Wale und Fische werden bestimmt voneinander unterschieden, und der Kiemenapparat der Fische wird unter Hervorhebung seiner Verschiedenheit bei Knochenfischen und Haien beschrieben. Unter den niederen Tieren, den blutlosen, wie Aristoteles sie nach Demokritos' Vorgang nennt, werden besonders die Tintenfische einer sorgfältigen Beschreibung gewürdigt, die reich an gut beobachteten Einzelheiten ist. Aber auch Krebstiere und Insekten werden zum Teil treffend geschildert, wenn auch teilweise mit Fehlern in den Einzelheiten.

In seinem Werk über die Fortpflanzung der Tiere unterscheidet Aristoteles zwischen Tieren, die auf geschlechtlichem Wege, ungeschlechtlich, oder durch Urzeugung entstehen. Auf dem letzterwähnten Wege entsteht ein Teil der niederen Tiere, die sich aus faulenden Stoffen entwickeln; hierher gehören besonders gewisse Insekten, wie Flöhe, Mücken und Libellen. Andere Insekten dagegen, wie die Heuschrecken, Wespen und Ameisen, haben die geschlechtliche Fortpflanzung. Unter den „Schaltieren“ entstehen einige auf ungeschlechtlichem Wege durch Knospung, andere wieder durch Urzeugung. Diese Möglichkeit wird dadurch erklärt, daß die ganze Natur erfüllt ist von Lebensgeist oder „Seele“; letztere gibt unter gewissen Umständen der unbelebten Materie die Form, so daß neue Wesen entstehen können. Die geschlechtliche Fortpflanzung beruht auf dem Vorkommen von männlichen und weiblichen Individuen. Von diesen ist das Männchen — oder, richtiger gesagt, der Mann, denn Aristoteles geht hier, wie immer, vom Menschen aus — der vollkommenere, „wärmere“ Teil, das Weibchen, oder Weib, der unvollkommenere „kältere“. Das Männliche repräsentiert überall die Form, Bewegung, Aktivität, das Weibliche die Materie, das Passive, also Möglichkeiten, die durch die Form Wirklichkeit erhalten. Es wird ausdrücklich hervorgehoben, daß die Erde im Weltall das Weibliche und Mütterliche vertritt, die Sonne das Männliche — eine uralte Auffassung, die wir in den meisten Naturreligionen wiederfinden. Das männliche Geschlechtsprodukt, das Sperma, ist ein Produkt des Blutes, das durch vollständige „Kochung“ die reinsten, am meisten formbildenden Eigenschaften erhält. Das weibliche Geschlechtsprodukt ist das Menstrualblut, ein „halbgekochtes“, unentwickeltes Sperma, weil

das Weib, schwächer und „kälter" als der Mann, nicht die Kraft hat, das Produkt fertig zu „kochen". Bei der Befruchtung kommt vom Manne Form, Bewegung, Seele, vom Weibe Materie, d. h. der Körper des werdenden Individuums. Der Mannesanteil wird mit der Arbeit des Schreiners verglichen, derjenige der Frau mit dem Holze, aus dem die Sachen gefertigt werden. Mit dieser Auffassung des Befruchtungsprozesses mußte Aristoteles sich bei seiner eingehenden Untersuchung der Frage von der Erblichkeit natürlich nur noch mehr in abstrakte Spekulationen vertiefen. Entgegen der Behauptung älterer Denker, der Samen stamme aus allen Teilen des Körpers und lasse daher das gleiche bei den Nachkommen entstehen, ist er der Ansicht, daß der Samen umgekehrt zu allen Teilen des Körpers gehe, wobei ein gewisser Rest für die nächste Generation übrigbleibe, „gleichsam wie beim Maler ein Teil Farbe, gleich der für das Bildnis verwendeten, übrigbleibt". Ist die formbildende Kraft des Mannes genügend stark, so wird das Kind ein Knabe, sonst ein Mädchen; deshalb bekämen zu junge und zu alte Väter meist Töchter. Auch der kalte Nordwind begünstige das Entstehen von Mädchen, denn Wärme sei Kraft. Die Erklärung, warum Kinder teils den Eltern, teils den Großeltern gleichen, ist sehr eingehend und in aller ihrer Abstraktheit sinnreich, doch würde ein Eingehen darauf hier zu weit führen. Von weit größerem Wert, als diese metaphysischen Spekulationen, sind jedenfalls Aristoteles' Beobachtungen über die Fortpflanzung der Tiere. Er ordnet die Tiere nach ihrer Entwicklung in eine Stufenleiter und behauptet, die Tiere ständen am höchsten, deren Natur warm und feucht, nicht aber erdig sei. Nämlich alle Tiere mit Lungen seien wärmer als solche ohne Lungen, und unter denen, die Lungen haben, seien die am wärmsten, welche nicht zähe, schwammige und blutarme, sondern weiche und blutreiche hätten. Am vollkommensten seien die Tiere, welche am meisten Wärme und Feuchtigkeit besäßen, lebende Junge zur Welt brächten und sich direkt entwickelten — die Säugetiere. Es folgen die, welche Feuchtigkeit, aber weniger Wärme besitzen, Eier legen, die sich innerhalb des Muttertieres entwickeln, und so lebendige Junge gebären — die Haie. Warme und trockene Tiere legen „vollkommene" Eier — die Vögel und Kriechtiere; kalte und erdige Tiere legen „unvollkommene" Eier — die Knochenfische, Frösche und Tintenfische, wogegen die allerniedersten Tiere, insofern sie sich geschlechtlich fortpflanzen, Maden gebären, die Eier entstehen lassen — die Insekten, deren Puppen Aristoteles für Eier ansah[1]), während ihm das wirkliche Insektenei unbekannt war. Die Schilderungen der Entwicklung

1) Das Wort „Ameisenei" wird ja oft noch heute in diesem Sinn gebraucht.

der Tiere sind reich an vorzüglichen Detailbeschreibungen; wie immer, sind es meist die Meerestiere, die ihn interessierten — seine Beschreibung der Fortpflanzung der Haie ist besonders berühmt; auch die Paarung und Entwicklung der Tintenfische wird mit eingehender Sachkenntnis geschildert. Aber auch die Embryologie behandelt er sehr ausführlich, besonders die Entwicklung des Hühnereies, die schon Hippokrates studiert hat. In erster Linie wird die Entwicklung des Herzens und der ersten Blutgefäße genau dargestellt. Verschiedene Spekulationen über Farbenvariationen, Zahnwechsel und andere Entwicklungsfragen bilden den Schluß von Aristoteles' großem Werk über die Fortpflanzung der Tiere, das mehr als jedes andere von seinen biologischen Arbeiten zugleich seine Größe und seine Begrenzung zeigt.

Aristoteles' großer Einsatz in die Entwicklung der biologischen Wissenschaft liegt, wie schon hervorgehoben wurde, weniger auf dem Gebiete der Entdeckung von Einzelheiten, als in dem sämtliche Lebenserscheinungen umfassenden Gedankengebäude, das er geschaffen und konsequent in allen Einzelheiten ausgearbeitet hat. Das vornehmste Verdienst dieses Gedankensystems besteht darin, daß es ausgeht von einer gesetzmäßigen und vom Niederen zum Höheren fortschreitenden Entwicklung. Da aber diese Entwicklungstheorie, wie oben angedeutet, ihren letzten Grund in einer alles beherrschenden und leitenden Vernunft hat, stellt sie sich unter dogmatische Willkür — die Gesetzlichkeit ist nicht der Natur eigenes Werk, sondern ein Produkt der göttlichen Weisheit, oder, mit anderen Worten, der menschlichen Spekulation. Diese konnte nun also mit abstrakten Schlagworten alle Fragen lösen, vor denen Demokritos' Atomtheorie ohnmächtig dastand; aber eine solche Lösung zwang nicht den Gedanken zu fortgesetztem Suchen, sondern erweckte im Gegenteil ein selbstzufriedenes Sichbegnügen mit dem aus unwirklichen Gedankenkonstruktionen aufgeführten, begrenzten Weltgebäude. So kam es, daß Aristoteles, der Schöpfer der systematischen Biologie zugleich auch der Vater der scholastischen Philosophie des Mittelalters wurde; daß er, der als erster die Lehre von der Entwicklung aus dem Niederen zum Höheren eingeführt und seiner Auffassung des ganzen Universums gemäß konsequent durchgeführt hat, während anderthalb Jahrtausenden als der Begründer eines Systems des Stillstehens und des Autoritätsglaubens gegolten hat. Was dieser langen Periode abging, war eine Auffassung der Natur, die Aristoteles' Gesetzmäßigkeitslehre mit Demokritos' Theorie vom Herrschen der Notwendigkeit in der Natur hätte vereinigen können. Die Gesetzmäßigkeit auf Grund eines persönlichen leitenden Willens einerseits und andererseits die Notwendigkeit mit dem reinen Zufall als treibender Kraft — das waren die beiden Alternativen, zwischen denen man zu wählen hatte, bis durch

Galilei und Newton die unpersönliche, sowohl gesetzmäßig als auch naturnotwendig wirkende Kraft zur Grundlage für die Erklärung des Verlaufes der Ereignisse im Weltall gemacht wurde. Die Schuld daran, daß es so lange dauerte, bis diese Naturauffassung unserer Zeit sich Bahn brach, trägt hauptsächlich Aristoteles und das von ihm geschaffene, in seiner Weise unübertroffen formvollendete System. Aus diesem Grunde kann man sich auch nicht darüber wundern, daß die antike Biologie trotz großer Fortschritte auf einzelnen Gebieten sich nie über Aristoteles' Auffassung der Lebensvorgänge hinauswagte.

Wenn aber Aristoteles in dieser Weise auf den meisten Gebieten der Wissenschaft das Höchste repräsentiert, was das Altertum erreichte, und über das hinaus keine Entwicklung mehr stattfand, so beruht dieses nicht allein auf dem Einfluß seiner Persönlichkeit und seines Systems. Als er starb, hatte das griechische Volk bereits seine besten Tage gesehen. Der Bürgergeist, der trotz kleinlicher Parteikämpfe und blutiger Grenzfehden die griechischen Kleinstaaten vor und während der Perserkriege vorwärts brachte, erlosch, als die Staaten ihre Unabhängigkeit verloren, zuerst durch die „Hegemonien", welche die Athener und Spartaner abwechselnd ausübten, später durch die makedonischen und römischen Eroberungen. Mit dem Patriotismus verschwand auch die geistige Tatkraft. Die halborientalischen Monarchien, in die Alexanders Reich zerfiel, wurden freilich oft von aufgeklärten Fürsten regiert, die freigiebig die Wissenschaft förderten, aber ihre reichlichen Gehälter mußten stets durch unterwürfiges Schmeicheln erkauft werden, und der Stolz eines Empedokles, der die Königskrone verschmähte, oder eines Herakleitos, der der Würde eines Oberpriesters entsagte, hatte keinen Platz mehr. Die großen Gedankensysteme, die von den edelsten Geistern des späten Altertums geschaffen wurden, strebten im wesentlichen nach ethischen Zielen: sie gingen darauf aus, die einzelne Persönlichkeit im Kampfe mit den wachsenden Schwierigkeiten, die die Zeit mit sich brachte, zu stärken. Die exakten Wissenschaften aber spezialisierten sich immer mehr auf gewisse Gebiete, und die Forschung innerhalb dieser ergab in den folgenden Jahrhunderten reiche Resultate, bis auch hier die Geistesmüdigkeit, an der die Zeit litt, ihr Recht verlangte.

Unter diesen Umständen dürfte es geeignet erscheinen, im folgenden besonders die Versuche allgemeiner Naturerklärung zu betrachten die nach Aristoteles gemacht wurden, und hernach die Ergebnisse der antiken Biologie als Spezialforschung.

Kapitel VI.

Naturphilosophische Systeme in der Zeit nach Aristoteles.

Schon als Aristoteles flüchtend Athen verließ, übergab er die Leitung seiner Schule Theophrastos, der ihm noch aus der Studienzeit bei Platon als Freund und Begleiter treu ergeben war. Nur 10 Jahre jünger als der Meister, war Theophrastos schon ein alter Mann, als er die Leitung des „Lyceums" übernahm, er wurde aber sehr alt und leitete länger als 30 Jahre in Ehren den Unterricht. Bereits unter Aristoteles hatte er sich mit Botanik beschäftigt und fuhr fort, dieses Gebiet im Geiste des Meisters zu bearbeiten. Seine beiden Schriften über Gewächse sind für den Botaniker dasselbe, was Aristoteles' Arbeiten für den Zoologen. Außerdem ist von ihm erhalten eine „Geschichte" der Physik, die stets eine Hauptquelle unserer Kenntnis von den Ansichten der alten Naturphilosophen gewesen ist. Auch ein verloren gegangenes zoologisches Werk hat er verfaßt, das jedoch im allgemeinen wohl kaum etwas wesentlich Neues gegenüber Aristoteles enthalten hat.

Der Nachfolger von Theophrastos, Straton, gab dagegen der Lehre des Aristoteles eine ganz neue Richtung. Leider kennen wir heute seine Ansichten bloß durch Referate anderer Verfasser, die jedoch beweisen, daß er ein wirklich selbständiger Denker war. Aus Lampsakos in Kleinasien stammend, wurde er früh ein Schüler von Theophrastos, dessen Lehrstuhl er nach dem Tode seines Lehrers 18 Jahre lang innehatte. Seine zahlreichen, jetzt nicht mehr vorhandenen Schriften behandelten hauptsächlich naturwissenschaftliche Fragen und trugen ihm den Zunamen „der Physiker" ein. Im Gegensatz zu Aristoteles leugnete er die Existenz einer außerhalb des Weltalls befindlichen leitenden Vernunft und war der Meinung, daß die Kräfte, die den Verlauf der Ereignisse beherrschen, in den Dingen selbst liegen und mit Naturnotwendigkeit wirken. Auch die Seele des Menschen hielt er für eine im Körper vorhandene Kraft, die sich als Bewegung äußert und deren Organ das Gehirn ist. Dagegen scheint er gegen Demokritos' Lehre von den Atomen und dem unendlichen leeren Raum polemisiert und die ganze Welt für begrenzt gehalten zu haben.

Stratons Nachfolger scheinen wenig bedeutende Männer gewesen zu sein, und obwohl die Schule des Aristoteles bis in das 6. Jahrhundert n. Chr. fortlebte, so hatte sie doch aufgehört, die Wissenschaft vorwärts zu bringen; ihre Lehrer und Schüler vertieften sich meist in grammatische, literarische und ethische Spezialuntersuchungen,

und das Interesse für die Naturwissenschaft, die der Stifter der Schule zu solcher Höhe emporgearbeitet hatte, verschwand ganz aus ihrem Gesichtskreise. An ihrer Stelle nahm eine andere Denkerschule die naturphilosophischen Spekulationen wieder auf. Sie erweckte hierbei die Atomtheorie des Demokritos zu neuem Leben, und ihrer Vermittlung ist es zu verdanken, daß diese Theorie durch Altertum und Mittelalter bis zur Renaissance fortlebte. Der Gründer dieser Richtung war der Athener Epikuros, dessen Person unter den Denkern des Altertums wohl am meisten umstritten ist. Er lebte in der Zeit zwischen 342 und 271 v. Chr. und bildete in seiner Vaterstadt eine Schule, deren Mitglieder in aller Stille zusammen unter der Leitung des Meisters lebten und forschten. Sein theoretischer Standpunkt war, wie gesagt, die Atomtheorie des Demokritos, die er annahm, ohne sie eigentlich weiter zu entwickeln. In direktem Widerspruch gegen Aristoteles lehrte er die Unendlichkeit des Weltraumes, ferner daß die Körper selbst aus unteilbaren kleinsten Teilen beständen, deren Bewegungen alles Geschehen bewirkten und durch deren Vereinigung und Trennung Welten entständen und vergingen. Auch die Menschenseele bestehe aus Atomen und sei daher ein rein körperliches Organ. Eine Weltvernunft existiere nicht, sondern alles geschehe aus natürlichen Gründen. Was das für Gründe wären, interessierte Epikuros weniger. Er hielt es nämlich nicht für nötig, genau die Geheimnisse der Natur zu ergründen. Es könnte, meinte er, sein, daß der Mond sein Licht von der Sonne erhalte, aber ebensogut könnte er auch selbstleuchtend sein. Hauptsache wäre, daß man eine natürliche Erklärung der Welt annehme; worin diese im Einzelfall bestehe, sei gleichgültig; man müsse sich nur von dem Aberglauben freimachen, den der Glaube an übernatürliche Mächte stets mit sich bringe. Epikuros' Denken ging nämlich ausdrücklich darauf aus, sich ein angenehmes Leben zu schaffen, und ein solches erlangte man am besten, wenn man in allen Hauptfragen des Lebens Opportunist war. Daß er in dieser Hinsicht viele Anhänger gewann, ist allbekannt; aber auch das Prinzip einer Weltanschauung, die das Hauptgewicht auf Eliminierung alles Übernatürlichen legt und es dabei mit den Schwierigkeiten der Detailfragen nicht so genau nimmt, hatte immer und wird wohl stets eifrige Anhänger haben. Indessen kann man sich nicht darüber wundern, daß Epikuros' Anhänger bei einer solchen Auffassung der Aufgaben wissenschaftlicher Forschung keinen von den wirklich großen Naturforschern des Altertums in ihren Reihen aufzuweisen haben. Der Epikureismus lebte fort als eine Lebenskunst, die dem Menschen in schweren und hoffnungslosen Zeiten half, des Lebens Glück und Ziel in Genüssen, sowohl geistigen als auch materiellen, zu suchen. Für Epikuros und

seine Freunde war das Genießen wesentlich geistig, denn ihre materiellen Ansprüche waren äußerst gering. Schlimmer wurde es, als diese Lehre nach Rom gelangte. In dieser Weltstadt artete sie in eine Verehrung zügellosen Genusses aus, besonders in der Kaiserzeit; daß ein Nero und seine Freunde sich Epikureer nannten, war nicht geeignet, das Ansehen dieser Schule zu heben. Übrigens gewann sie auch in Rom edlere Anhänger; einer von diesen, Lucretius, verdient hier erwähnt zu werden, und zwar besonders deswegen, weil seine Darstellung der Atomlehre in ihrer Art die ausführlichste ist, die sich aus dem Altertum erhalten hat, und als solche auch interessant wegen der biologischen Hinweise, die sie enthält.

Titus Lucretius Carus, geboren wahrscheinlich im Jahre 99 und gestorben 55 v. Chr., gehörte einem berühmten Patriziergeschlecht an und scheint mit vielen bekannten Persönlichkeiten seiner Zeit — er war ja Zeitgenosse von Cäsar und Cicero — bekannt gewesen zu sein. Aber obgleich diese Zeit die geschichtlich am besten bekannte des Altertums ist, weiß man nichts Sicheres über sein Leben. Er scheint sich von den politischen Kämpfen ferngehalten und ganz seinen Studien in der Philosophie und Literatur gelebt zu haben. Ein christlicher Kirchenvater behauptet, er sei von eigener Hand gefallen. Diese Angabe kann wahr sein, denn in der tief unglücklichen Zeit, in der er lebte, wurde dieser verzweifelte Ausweg von vielen gewählt. Erst nach seinem Tode wurde sein großes Werk „Über die Natur der Dinge“, welches die Ergebnisse seiner Denkerarbeit enthält, herausgegeben. Nach dem Beispiel der älteren griechischen Philosophen, besonders Empedokles, den er sehr bewunderte, kleidete er seine Gedanken in Verse als der letzte antike Denker, der so geschrieben hat. Die reiche Phantasie und starke Inspiration, die seine Dichtung erfüllen, weisen ihm einen Platz neben den größten antiken Dichtern an, aber auch als Denker ist er von großem Interesse. Was in erster Linie an seiner Dichtung auffällt, ist seine leidenschaftliche Liebe zur Wahrheit und unerschütterliche Gewißheit, daß der Gedanke die wirkliche Natur der Dinge werde durchdringen können. Gegenüber der Herrlichkeit des philosophischen Suchens nach Wahrheit weist er hin auf das entsetzliche Bild von Finsternis und Aberglauben, das der traditionelle Götterglaube zeigt, — ein Elend, von dem, wie er hofft, der freie Gedanke die Menschheit erlösen werde. Die Weltanschauung, die er in dieser Hinsicht als die richtige empfiehlt, ist die atomistische, wie sie Epikur geschaffen hat; Demokritos wird mehr im Vorübergehen erwähnt. Von einer Weiterentwicklung der allgemeinen Lehrsätze kann bei ihm kaum die Rede sein, aber in gewissen Einzelheiten weicht seine Auffassung jedenfalls von derjenigen ab, die oben im

Zusammenhang mit seinen Vorgängern besprochen wurde. Welten gibt es unendlich viele; sie bestehen aus Atomen, die sich im leeren Raum bewegen. Diese Bewegungen beruhen auf der Schwere und sind daher ein beständiges Fallen; daß die Atome dennoch, wie die Atomlehre voraussetzt, zusammenstoßen, beruht darauf, daß ihr Fall aus inneren Gründen nicht ganz lotrecht ist, sondern seitlich abweicht. Interessant ist übrigens Lucretius' Versuch, im einzelnen die Atomlehre auf Sinneserscheinungen und Seelenvorgänge anzuwenden. Nach Aristoteles, dessen Lehre von der Zweckmäßigkeit aller Dinge er auf das Schärfste mißbilligt, unterscheidet er drei Arten von Seelen, animus, mens und anima[1]), oder den Geist, den Verstand und die Seele oder das Lebensprinzip. Diese drei Kategorien werden jedoch nicht konsequent auseinandergehalten, sondern meist wie ein einziger Begriff behandelt. Die Seele ist ihrer Beschaffenheit nach materiell, ein Organ wie alle anderen, gebildet aus äußerst kleinen, im ganzen Körper verteilten, leicht beweglichen und deshalb auch leicht verschwindenden Atomen. Diese Atome sind von dreierlei Art: Wärme, Luft und Aura, eine feinere Luftart, entsprechend dem Pneuma bei Hippokrates. Aber außer den genannten drei Kategorien enthält die Seele noch einen vierten Bestandteil, der keinen Namen trägt, aber das eigentlich Wahrnehmende, das Bewußte in der Seele ist, dessen Atome die allerkleinsten und beweglichsten von allen sind. Sie geben den Anstoß zu den Bewegungen der übrigen Seelenatome und somit auch mittelbar zu denjenigen des Körpers. Ungleiche Mischung dieser Seelenbestandteile bedingt die bei verschiedenen Individuen variierenden seelischen Eigenschaften und macht sich in verschiedenem Grade bei einem und demselben Individuum in verschiedenen Gemütszuständen geltend: die Hitze bei Zorn, die kalte Luft bei Entsetzen usw. Die Seele, welche im Leben vom Körper wie von einem Gefäß umschlossen und darin verwahrt ist, löst sich im Tode in ihre einfachsten Bestandteile auf und vergeht. Die von Platon und seinen Schülern verfochtene Unsterblichkeit der Seele wird von Lucretius mit leidenschaftlichem Eifer angegriffen; immer und immer wieder sucht er zu beweisen, daß dieser Glaube und der an die Götter die Ursache allen menschlichen Elends wäre. Sinnesempfindungen kommen nach Lucretius in der Weise zustande, daß die Dinge an ihrer Oberfläche eine Art leichter Partikeln absondern, welche ebenso, wie die Dinge selbst, gestaltet sind und im Raume umherschwebend auf unsere Sinnesorgane einwirken. Als Beweis derartiger Absonderungen führt er u. a. die Häutung der Schlangen und Insekten an. Alle Empfindungen, Sehen, Hören, Riechen

1) Diese Benennungen, die Lucretius sicher selbst nach griechischem Vorbild geschaffen hat, gehen später in die Psychologie des Mittelalters über und finden sich noch bei Metaphysikern und Theologen im Beginn der Neuzeit.

und Schmecken, werden demnach von verschiedenen Atomen, die die Organe des Körpers treffen, hervorgerufen. Die Vorstellungen, die hierbei entstehen, beruhen darauf, daß im Raume eine Menge noch feinerer Bilder der Dinge umherschweben, auch wenn diese selbst verschwunden sind, so daß man in der Phantasie Bilder von längst Verstorbenen sieht und durch Verschmelzung solcher Bilder sich Wesen vorstellen kann, die es niemals wirklich gegeben hat, z. B. durch Verbindung eines Pferde- und eines Menschenbildes die Kentauren der Sage. Durch das Verharren derartiger Bilder in der Seele entstehen Träume. So primitiv diese sinnesphysiologischen Spekulationen auch sind, so werden sie doch von einer Menge äußerst treffender Beobachtungen über verschiedenartige Empfindungen begleitet. Besonders eingehend werden die Sensationen des Geschlechtslebens behandelt, indem sie Lucretius mit einer eigentümlichen Mischung von genauer naturwissenschaftlicher Beobachtung und poetischer Inspiration schildert.

Lucretius' Einfluß auf die Nachwelt war anhaltend und bedeutungsvoll. Es ist unzweifelhaft sein Verdienst, daß die Atomistik das Mittelalter überlebte, wenn auch im Verborgenen wegen der Anfeindungen seitens der Kirche[1]); während der Renaissancezeit war er hoch geschätzt, und der größte Denker dieser Periode, Giordano Bruno, war so stark von ihm beeinflußt, daß er nach seinem Beispiel mehrere seiner wissenschaftlichen Arbeiten in Versform herausgab. Auch die Freidenker des 18. Jahrhunderts studierten ihn noch fleißig. Und dennoch kann man kaum sagen, daß er die Naturwissenschaft gefördert hätte. Er ist nicht über die alte Atomlehre hinausgekommen, wie sie Demokritos geschaffen hatte; die Fortschritte des Aristoteles auf dem Gebiete der biologischen Entwicklung verwarf er zusammen mit der Lehre von der Zweckmäßigkeit, auf der sie beruhten, konnte aber keine bessere Gesetzmäßigkeit an ihre Stelle setzen. Im großen und ganzen blieb die Atomistik eine für die Naturforscher unfruchtbare Theorie, bis sie im Anfang des 19. Jahrhunderts durch Dalton der chemischen Forschung einverleibt wurde und sich hier, in erster Linie dank Berzelius, zur fruchtbarsten Arbeitshypothese dieser Wissenschaft entwickelte. Von da ab bildet sie eine der wichtigsten Grundlagen unserer Vorstellung von der Natur, sowohl der organischen als auch der unorganischen. Aber jene universale Bedeutung, die ihr die alten Atomisten zuschrieben, hat sie jedenfalls nicht erlangt — kein wirklicher Naturforscher hofft heutigen Tages mehr, mit ihrer Hilfe die Erscheinungen des Seelenlebens zu erklären, obschon es in der populären, quasi wissenschaftlichen Literatur nicht an Versuchen in dieser Richtung gefehlt hat.

---

1) In seiner Divina Commedia erzählt Dante, es hätten sich in der Hölle mehrere 1000 „Epikureer“ befunden und unter ihnen viele der hervorragendsten Männer seiner Zeit.

Kapitel VII.

Biologische Spezialforschung nach Aristoteles.

Obschon also die antike Auffassung von der Natur nicht über den Standpunkt kommen konnte, bis zu dem ihr Aristoteles verholfen, so entwickelte sich doch nach ihm und auf der von ihm geschaffenen Grundlage eine biologische Spezialforschung, die in den folgenden Jahrhunderten außerordentlich reiche Ergebnisse zeitigte. Mittelpunkt nicht nur für die biologischen, sondern auch für andere Zweige der Naturwissenschaften wurde zu jener Zeit Alexandria, Ägyptens rein griechische Hauptstadt. Unter dem Schutz feingebildeter und freigebiger Könige aus dem Hause der Ptolemäer entwickelte sich hier eine Anstalt für wissenschaftliche Forschung, wie sie die antike Welt weder vorher noch nachher gesehen hat. Schon der Stammvater des Geschlechtes, Ptolemaios I. (gestorben 283 v. Chr.), war ein hochgebildeter Mann, der Bücher sammelte und selbst als Schriftsteller tätig war. Sein Sohn, Ptolemaios II., gründete das Museum in Alexandria (Museion: ein Tempel der Musen, der Göttinnen des Gesanges und der Weisheit), als eine Anstalt, wo Gelehrte aller Länder Wohnung, Unterhalt und reichlich Hilfsmittel zur Förderung ihrer Forschungen erhielten. Diese Anstalt war wie eine Akademie eingerichtet, mit einem Bibliothekar als Vorsitzenden; die höchste Aufsicht lag in den Händen des Oberpriesters der Sangesgöttinnen, dem auch die religiöse Leitung der Gelehrtenversammlung oblag. Alle im klassischen Altertum bekannten Zweige der Wissenschaft wurden bearbeitet; Biologie wurde meist zusammen mit der Medizin als Anatomie und Physiologie betrieben.

Wir sahen bereits, daß die Heilkunde von altersher in Ägypten in hohem Ansehen stand, und daß die in diesem Lande gebräuchliche Leichenbalsamierung in mancher Hinsicht die Kenntnis von der Anatomie des Menschenkörpers vermehrte. Hierin also kann man schon eine Voraussetzung für den Aufschwung sehen, den das Studium der Anatomie in Alexandria erlebte; dazu kamen noch die Unterstützungen in Form von Geld, literarischen und anderen Hilfsmitteln, durch die die Fürsten die Entwicklung der medizinischen Schule förderten. Zwei Lehrer von mehr als gewöhnlicher Begabung, Herophilos und Erasistratos, verliehen dieser Schule ein Ansehen, wie es keine andere im klassischen Altertum erreicht hat. Von der Lebensgeschichte dieser beiden Männer weiß man wenig, und dasselbe gilt von ihrer allgemeinen Naturanschauung. Man nimmt indessen an, sie hätten unter dem Einfluß des Pyrrhonschen Skeptizismus gestanden, der nachweislich unter den Alexandrinischen Ärzten seine meisten Anhänger hatte. Pyrrhon aus Elis (376—288 v. Chr.) lehrte, daß eigentlich keine Erkenntnis der Dinge möglich wäre; der Mensch könne nichts wissen und nichts beweisen, ja nicht einmal die Unmöglich-

keit des Wissens oder die Berechtigung des Zweifels. Eine solche Grundanschauung machte natürlich jede theoretische Naturerklärung unmöglich, sowohl die des Demokritos, als auch die des Aristoteles, aber dadurch gerade wurden wissensdurstige Forscher veranlaßt, sich um so gründlicher in die Spezialwissenschaften und ihre praktische Anwendung zu vertiefen. In der Tat war es auch nur die Erforschung von Einzelheiten in der Anatomie, durch welche in der Alexandrinischen Ärzteschule die Biologie gefördert wurde.

Herophilos war in Chalkedon in Kleinasien zu Hause, studierte an den Asklepiadenschulen zu Kos und Knidos und wirkte darauf als Lehrer und Forscher in Alexandria. Weder Geburts-, noch Todesjahr sind von ihm bekannt, seine Wirksamkeit jedoch entfaltete er um die Zeit 300 v. Chr. Auch seine Schriften sind bis auf einige Fragmente verloren. Ihren Inhalt kennt man bloß aus den Referaten anderer Verfasser. Darin sind jedoch sowohl die klassischen, als auch die modernen Verfasser einig, daß Herophilos einer der hervorragendsten Anatomen des Altertums gewesen ist. Seinen Ruhm verdankt er einer großen Zahl von Entdeckungen besonders in der menschlichen Anatomie. Alle Teile des menschlichen Körpers waren Gegenstand seiner Forschungen, und daß er menschliche Körper zu Untersuchungszwecken verwendete, erregte mehr als alles andere Aufsehen bei den Zeitgenossen. Als Skeptiker verachteten er und seine Schüler die traditionelle Furcht vor dem Sezieren von Menschenleichen, und die aufgeklärte Ptolemäische Regierung stellte ihnen das Material zur Verfügung. Es wird sogar behauptet, Herophilos hätte die Erlaubnis erhalten und benutzt, an lebenden Menschen, an zum Tode verurteilten Verbrechern, Untersuchungen anzustellen, indem er ihre inneren Organe in lebendem Zustande studierte[1]). Unter den von ihm im einzelnen genau untersuchten Organen ist hier besonders das Gehirn zu nennen; er entdeckte und beschrieb seine Häute und den venösen Sinus der nun seinen Namen (Torcular Herophili) trägt. Ferner studierte er die Ventrikel des Gehirns, unter denen er sich besonders für den vierten interessierte, den er für das Organ der Seele ansah. Ebenso genau untersuchte er das Auge, seine Häute, den Glaskörper und die Retina. Auch den Darmkanal hat er beschrieben; der Name „Duodenum" für den obersten Teil desselben stammt von ihm. Er studierte genau die Leber unter Beachtung der Variationen ihrer Form bei verschiedenen Individuen. Ferner das Zirkulationssystem — er verglich die Wände der Arterien und Venen und studierte den Puls bei ver-

1) Der Kirchenvater Tertullianus führt unter den von Heiden begangenen Greueln an, Herophilos hätte sechshundert Menschen zu Tode gepeinigt — eine Geschichte, die da erinnert an so manches, was in unseren Tagen die Literatur der Antivivisektionisten sich leistet.

schiedenen Altersstufen und Zuständen des Körpers, doch glaubte er, wie alle Forscher jener Zeit, daß die Arterien Pneuma enthielten. Er machte zum ersten Male den Unterschied zwischen Nerven und Sehnen klar. Schließlich hat er die Anatomie der Geschlechtsorgane eingehend bearbeitet. Seine physiologischen Anschauungen wurden beherrscht durch die gewöhnlichen antiken Vorstellungen von den vier verschiedenen Lebenselementen und ihrer Verteilung auf die entsprechenden Hauptorgane und bieten somit nichts besonders Interessantes. Übrigens war Herophilos ein großer Bewunderer von Hippokrates, dessen Lehre von den Krankheiten und Heilmitteln er unbedingt annahm.

Zeitgenosse von Herophilos und sein Konkurrent war Erasistratos von Keos, einer kleinen Insel im Ägäischen Meer. Von der Zeit und Geschichte seines Lebens weiß man nicht mehr als bezüglich Herophilos, und auch seine Schriften waren schon in der spätantiken Zeit verloren. Nach einer späteren und unbewiesenen Angabe soll er ein Sohn von Aristoteles' Tochter gewesen sein; sicher aber ist es, daß sein Lehrer Metrodoros dessen Zeitgenosse und Freund war. Erasistratos begann seine Laufbahn als Hofarzt bei den Seleukiden in Syrien, wurde aber von dort nach Alexandria berufen, wo er eine medizinische Schule gründete. Seine anatomischen Arbeiten beziehen sich besonders auf das Zirkulationssystem. Das Herz studierte er genau und gab seinen Klappen die heute noch geltenden Namen. Ferner stellte er die Verbindung zwischen Arterien und Venen fest und erklärte Blutungen aus Arterien bei Verwundungen mit der Annahme, daß ihr Pneuma verschwinde und an seine Stelle Blut aus dem Venensystem in die Arterie eindringe, das dann durch die Wunde ausströme. Die Lymphgefäße und die auf die Verdauung folgende Chylusbildung untersuchte er an lebenden Tieren. Die Kenntnis vom Nervensytem bereicherte er mit wichtigen Entdeckungen; er unterschied zwischen motorischen und sensiblen Nerven und war der erste, der die Gehirnwindungen genauer beschrieben hat. Als Arzt war Erasistratos praktischer als Herophilos — er verachtete tief die Hippokratischen Traditionen, verordnete einfache Heilmittel, vermied das Aderlassen und empfahl eine hygienische Lebensweise.

Dieser Gegensatz zwischen den beiden Alexandrinischen Anatomen hatte für die Wissenschaft verhängnisvolle Folgen. Sie selbst bekämpften einander in Polemiken und mit Intrigen, aber schlimmer noch war das Verhältnis zwischen ihren Schulen. Die „Herophileer" trieben den Konservatismus und die Hippokratesverehrung ihres Meisters auf die äußerste Spitze, während die „Erasistrateer" die medizinischen Traditionen verachteten und bekämpften. Dieses schadete natürlich der Wissenschaft und wurde um so folgenschwerer, als sich die kulturellen Zustände in Alexandria mit den Jahren verschlechterten. Auf die ersten

aufgeklärten ptolomäischen Könige folgte eine Reihe degenerierter Schwächlinge, die die Interessen der Wissenschaft ebenso vernachlässigten wie ihre übrigen Pflichten. Das Museum verfiel, sein Kostenanschlag wurde beschnitten und die Gelehrten wurden oft das Opfer tyrannischer Launen. Schließlich wurde Alexandria eine Provinzstadt des großen römischen Reiches. Das Museum bestand zwar weiter, aber ohne die Förderung, die ihm die eingeborenen Herrscher hatten zuteil werden lassen, bis es schließlich während eines Auflaufes vom Alexandrinischen Pöbel, der als der unruhigste im ganzen römischen Reiche bekannt war, zerstört wurde. Zu allerletzt räumte die in Ägypten besonders fanatische christliche Kirche mit den Überbleibseln heidnischer Gelehrsamkeit auf.

In Rom aber, das mit der Zeit die Rolle Alexandrias als Weltstadt übernahm, entstand nichts dem Museum Ähnliches. Das Römervolk mit seiner ausgesprochenen Neigung für das Praktische brachte es erst spät zu einer höheren Kultur und hat nur in der Jurisprudenz durch selbständige Beiträge die Entwicklung der ideellen Kultur beeinflußt. Im übrigen eignete es sich die griechische Kultur an, deren verschiedene Zweige es zu diversen, meist praktischen Zwecken ummodelte. Eine von diesen angewandten Wissenschaften, die die Römer schufen, war die Lehre von der Landwirtschaft. Im Gegensatz zu den Griechen waren sie mit Leib und Seele Landwirte und hatten schon früh das Bedürfnis, ihre Erfahrungen auf diesem Gebiete zu sammeln und aufzuzeichnen. Schon der alte Zensor Cato hat eine Landwirtschaftslehre geschrieben, und nach ihm kennt man eine große Anzahl von Verfassern landwirtschaftlicher Schriften. Der hervorragendste unter ihnen war zweifellos Columella, dessen Schriften wegen ihrer zahlreichen Notizen biologischen Inhalts hier erwähnt zu werden verdienen.

Lucius Junius Moderatus Columella wurde im Beginn unserer Zeitrechnung in Spanien geboren, aber scheint in Rom gelebt und hier sein Werk über die Landwirtschaft in zwölf Büchern verfaßt zu haben. Von biologischem Interesse ist seine Beschreibung der Haustiere, ihre Pflege, ihre Lebensbedürfnisse, Rassen und Verbreitungsgebiete. Alle nützlichen Tiere seiner Zeit, selbst die Bienen, werden in seinem Werke behandelt, dessen Hauptinhalt übrigens nur rein ökonomisches Interesse hat.

Ein ausgeprägtes Interesse für die praktische Anwendung der Wissenschaft zeigt auch Plinius, der größte Naturforscher Roms und nächst Aristoteles der einflußreichste unter den Biologen des klassischen Altertums. Während der spätantiken Zeit, im ganzen Mittelalter und weit bis in die neueste Zeit beeinflußt seine Naturlehre die Entwicklung der Wissenschaft, ja man kann sagen, daß sein Einfluß noch heutigen Tages nicht aufgehört hat. Im Gegensatz zu Aristoteles ist er indessen in der biologischen Literatur unserer Tage hart beurteilt worden, unbillig hart,

weil man von ihm verlangte, was er zu leisten weder gewollt noch auch gekonnt hatte. Man hat ihn als einen seelenlosen Kompilator gebrandmarkt, weil er, ehrlicher als Aristoteles, stets seine Quellen angibt; man hat seinen Aberglauben bemäkelt, weil er von wunderbaren Tieren erzählt, deren Existenz keiner seiner Zeitgenossen bezweifelte. Überhaupt sind die stets wiederkehrenden Vergleiche zwischen ihm und Aristoteles vollkommen unberechtigt, denn des einen Ziele und Mittel waren nicht die des anderen. Eine Übersicht über Plinius' Leben und Wirken wird das bezeugen.

Gajus Plinius Secundus wurde im Jahre 23 n. Chr. in Comum in Norditalien, dem jetzigen Como, geboren. Er gehörte einer Beamtenfamilie an und seine Laufbahn wurde die eines Beamten nach typisch römischer Art. In Rom erhielt er von Privatlehrern eine gute Bildung und diente darauf abwechselnd im Heer und in der Zivilverwaltung. Er verbrachte eine lange Zeit in Deutschland, wo er eine Befehlshaberstelle im Militär bekleidete, und war zum Schluß höchster Befehlshaber einer Abteilung der Kriegsflotte. Als der Vesuv im Jahre 79 seinen ersten Ausbruch zu historischer Zeit hatte, lag er mit seinen Schiffen nahe bei Neapel. Um das ungewöhnliche Phänomen näher studieren zu können, ließ er sich an den Fuß des Berges rudern und kam dort um. Sowohl in seinen Schriften, als auch in Biographien erscheint er als ein Ehrenmann von der echten altrömischen Art, mutig, rechtschaffen und pflichttreu. Stets von mannigfachen Amtsgeschäften in Anspruch genommen, benutzte er in Rom wie in den abgelegenen Provinzen, wohin ihn sein Dienst führte, jede freie Stunde zum Studieren und Schriftstellern. Seine Arbeitskraft wird als unermüdlich geschildert, und von seiner gewaltigen Belesenheit zeugen die von ihm hinterlassenen Schriften. Dabei arbeitete er auf den verschiedensten Gebieten: Kriegswissenschaft und Kriegsgeschichte, Beredsamkeit und Sprachenkunde. Das einzige jedoch von seinen Werken, das sich erhalten hat, ist die große, 37 Bücher umfassende Arbeit „Naturalis historia", auf der sein eigentlicher Ruhm beruht. Sie bildet in der Tat eine Enzyklopädie über alles, was man zu seiner Zeit von der Natur wußte, und die Anwendung dieses Wissens in der Medizin, Technik und Ökonomie. Ausgehend von einer Darstellung des Weltalls und seiner Gesetze geht der Verfasser über zu einer immer spezielleren Schilderung verschiedener Naturobjekte. Von den Tieren handeln die Bücher VIII—XI, und es finden sich zerstreute Notizen zoologischen Inhalts auch an anderen Stellen des großen Werkes.

In seiner allgemeinen Weltanschauung war Plinius Stoiker. Die stoische Philosophie wurde in Athen gleichzeitig mit der epikureischen gegründet, aber ihr Stifter und erster Leiter stammte aus einem semitischen Lande, und man hat in ihrer asketischen Geringschätzung materieller

Werte und starken Empfindung für persönliche Verantwortung orientalischen Einfluß zu finden geglaubt. Indessen kam diese Richtung auch nach Rom, wo sich die besten Männer von ihrer strengen Pflichtlehre angezogen fühlten und ihr System nach römischem Brauch in die Praxis übersetzten. Der Stoizismus hatte es in noch markanterer Weise als der Epikureismus auf die praktische Lebenskunst abgesehen; die allgemeine Auffassung von der Natur und ihren Gesetzen war ihm, damit verglichen, gleichgültig. Aus diesem Grunde bildete auch die allgemeine Naturauffassung bei Plinius eine wenig interessante Zusammenstellung von Angaben älterer Verfasser. Man findet hier die Theorie des Aristoteles von einem sphärischen Universum zusammen mit den vier Elementen als den Grundstoffen, von denen das Feuer nach pytagoreischem, oder eher noch nach heraklitischem Vorbild das vornehmste, der Urstoff der Seele ist. Die Welt wird von einer Gottheit beherrscht, deren Wesen zu erforschen töricht ist, doch noch törichter sei die Vielgötterei. Orakelsprüche und Wahrzeichen werden dagegen in Mengen aufgezählt und kein Zweifel an ihrem Werte wird geäußert.

Der zoologische Teil dieser Naturgeschichte ist ebenso enzyklopädisch behandelt wie das übrige. Die verschiedenen Tiere werden ohne eine bestimmte Ordnungsfolge aufgezählt, in der Regel so, daß die größten und merkwürdigsten zuerst genannt werden. Die Beschreibung betrifft Lebensgewohnheiten, Nutzen und Schaden der Tiere, die Jahreszahl ihrer Vorführung und Verwendung in Rom und überhaupt ihr Verhältnis zum Menschen. Dagegen fehlt gewöhnlich jeder Versuch einer wirklichen Charakterisierung des äußeren oder inneren Baues. Die älteren antiken Biologen, Aristoteles mit inbegriffen, zeichneten sich, wie wir wissen, nicht durch viel Kritik in ihren Einzeldarstellungen aus, besonders wenn von exotischen Tieren die Rede war, und Plinius sammelt und referiert treuherzig und ohne Widerspruch alles Wunderbare, was er in älteren Schriften findet. Daher ist eben seine Darstellung über die Maßen reich an wunderlichsten Fabeln. Als Beispiel möge hier seine Beschreibung des Elefanten dienen, der bezeichnend genug als erstes unter den Tieren aufgeführt wird: „Unter den Landtieren ist der Elefant das größte und dasjenige, dessen Verstand dem des Menschen am nächsten kommt, denn er versteht die Sprache seines Landes, gehorcht Befehlen, erinnert sich empfangener Lehren, hat Sinn für Liebe und Ehre und zeigt auch, was sogar beim Menschengeschlecht selten ist, Redlichkeit, Selbstbeherrschung und Gerechtigkeit, er betet die Sterne an und verehrt Sonne und Mond. In den Mauritanischen Bergen kommt er, wie man berichtet, in Scharen bei Neumond an einen Fluß mit Namen Amilo, reinigt sich hier feierlich durch gegenseitiges Bespritzen mit Wasser und kehrt, nachdem er in dieser Weise dem Himmelslicht seine Ehrfurcht bewiesen,

in die Wälder zurück, seine müden Jungen mit sich tragend. Es wird auch gesagt, sie weigerten sich, wenn sie über das Meer gefahren werden sollen, an Bord zu gehen, bevor der Schiffer sich eidlich verpflichtet, sie wieder nach Hause zu bringen.“ — Sie seien so sittenstreng, daß sie sich nie anders als an ganz verborgenen Stellen paarten und Ehebruch bei ihnen nie vorkomme. Gegen schwächere Tiere zeigten sie sich barmherzig; so z. B. hebe ein Elefant, wenn er durch ein Schafherde gehen muß, mit seinem Rüssel die im Wege stehenden Schafe zur Seite, um nicht darauf zu treten. — Neben solchen und anderen Kindereien finden sich Angaben über die Lebensgewohnheiten der Elefanten und die Art, sie zu zähmen, die ganz richtig sind, und ebenso auch kulturgeschichtlich interessante Tatsachen über ihre Verwendung bei verschiedenen Völkern, über ihre erste Vorführung in Rom usw. Über andere weniger bekannte Tiere, beispielsweise den Elch und den Auerochsen in Nordeuropa, berichtet Plinius gleichfalls wunderliche Geschichten. Dagegen sind seine Angaben über die Haustiere seiner Heimat im allgemeinen zuverlässig und geben gute Auskunft über die Viehzucht jener Zeit. Zu den Landtieren rechnet er auch die kaltblütigen Wirbeltiere, nach ihnen werden die Vögel, Fische, zu denen auch die Weichtiere zählen, und Insekten behandelt. Die Angaben über alle zu diesen Gruppen gehörenden Tierarten sind im ganzen ähnlich den oben genannten. Besonders aber scheinen die Insekten seine Aufmerksamkeit erregt zu haben, denn er wird nicht müde, seine Verwunderung über ihren, trotz der geringen Körpergröße vollendeten Bau zu äußern und berichtet, was man von ihrem Organsystem wußte. Mit großer Ausführlichkeit schildert er die Biene und ihre Lebensgewohnheiten, und zwar in vieler Hinsicht richtig, obwohl er sich ebensowenig wie andere antike Verfasser ein Bild von ihrer Fortpflanzung hat machen können.

Nach einer solchen Beschreibung der ihm bekannten Tiere behandelt Plinius nach derselben Methode die verschiedenen Organe im Körper von Menschen und Tieren, wobei ein jedes Organ hinsichtlich seiner Eigenschaften und des Vorkommens bei verschiedenen Tieren besprochen wird. Hier ist offenbar Aristoteles Vorbild und Hauptquelle gewesen; aber während dessen Behandlung der Organe darauf abzielt, den Zusammenhang und Ursprung der Formen zu eruieren, hat Plinius’ Organbeschreibung unentwegt den Charakter eines Nachschlagewerkes, wo alle Notizen, die Früchte seiner großen Belesenheit, ohne jede theoretische Absicht und ohne einen anderen inneren Zusammenhang als das Stichwort aufgeführt werden. So z. B. werden die Hörner des Ochsen, der Hornviper und der Schnecke zusammen behandelt. Eine Menge wertvoller anatomischer Kenntnisse aus dem reichen Schatz der antiken Wissenschaft ist so durch Plinius der Nachwelt gerettet worden, während die

Originalschriften verloren gegangen sind. Daneben notiert er aber gewissenhaft eine Masse alter, damals in der Tat gefürchteter und deshalb geschichtlich überlieferter Wahrzeichen, z. B. Opfertiere, denen die Leber fehlte, oder den messenischen Freiheitshelden Aristomenes, dessen Herz die Spartaner mit Haaren bedeckt fanden, ohne auch nur anzudeuten, daß möglicherweise irgendein Priester da seine Hand im Spiele hätte haben können. Mit einer Menge Mitteilungen über die Verwendung von Tieren und Teilen von ihnen in der Medizin schließt der zoologische Teil der „Naturlehre“.

Plinius gibt selbst an, daß er 2000 Bücher verschiedener Verfasser bei Abfassung seines Werkes benutzt habe, das ja auch vom Anfang bis zum Ende den Eindruck einer bunt durcheinander gewürfelten Sammlung von Notizen macht. Dieses vielseitige Wissen, das vergangenen Geschlechtern imponiert hat, weckt in unseren Tagen, wo eigentlich nur das Wissen aus erster Hand Geltung findet, am ehesten Mitleid. Übrigens ist Plinius, wie gesagt, sicher unterschätzt worden. Sein Werk ist anderthalb Jahrtausende die Hauptquelle alles naturwissenschaftlichen Wissens der Menschheit gewesen, und als in der Renaissancezeit ein Gesner, ein Aldrovandi der zoologischen Forschung neues Leben einflößten, setzten sie unmittelbar dort fort, wo Plinius geendet hatte, und arbeiteten weiter nach seiner Methode. Auf diese Weise geht die Zoologie unserer Tage im Hinblick auf die Faunistik und Systematik auf Plinius zurück, ebenso wie sie vergleichend anatomisch und morphologisch von Aristoteles ausgeht, und die Verdienste des einen müssen gerechterweise ebenso anerkannt werden wie die des anderen, auch wenn sie auf ganz verschiedenen Gebieten liegen.

Kapitel VIII.

Der Untergang der Wissenschaft in der Spätantike.

Daß die antike Naturwissenschaft ihren Höhepunkt in Aristoteles erreicht hat, wurde schon hervorgehoben und ein Teil der Ursachen namhaft gemacht, weshalb sie sich nur auf speziellen Gebieten und nie in der Zusammenfassung gewonnener Resultate über seinen Standpunkt erhob. Als Rom zuerst als Republik, später als Kaiserreich die ganze zivilisierte Welt eroberte und beherrschte, trat eine Zeit ein, die, sollte man meinen, mehr als irgendeine andere geeignet gewesen wäre, intellektuelle Kulturarbeit zu fördern. Der Weltfrieden, der während der ersten beiden Jahrhunderte unserer Zeitrechnung herrschte, hat weder vorher noch nachher seinesgleichen gehabt, denn die Grenzfehden und Revolten, die ihn gelegentlich störten, waren rein lokaler Natur und vorübergehend. Wie Frieden, so herrschte auch Wohlstand, und noch in unseren Tagen

zeugen die Reste der Bauwerke jener Zeit von allgemeinem und privatem Reichtum, soweit die Macht der Römer sich erstreckte. Und dennoch ist es gerade jene Zeit, die das Aussterben der antiken Wissenschaft, ja der ganzen antiken Kultur sah. Die besten Männer der Zeit sahen es deutlich kommen, und Plinius z. B. wird nicht müde zu wiederholen, daß die Welt verdorben sei und seine Zeit schlechter als die früheren Perioden wäre. Schuld trage die zunehmende Sittenverderbnis, was auch von unzähligen anderen antiken Verfassern behauptet wird und deshalb bis in neuere Zeit geglaubt wurde. Die eigentliche Ursache muß doch wohl anderswo zu suchen sein, da Sittenverderbnis stets ein Symptom, aber nicht die Ursache kulturellen Niederganges ist. Die Ursache lag wohl eher in einer Änderung der allgemeinen Lebensauffassung infolge der Unterwerfung unter die Weltherrschaft — der alte Kleinstadtpatriotismus hatte seine Existenzmöglichkeit verloren, und eine neue Form eines Staatsideals konnte sich nicht entwickeln. Dagegen machte sich das persönliche Leben des Individuums geltend und zeichnete sich durch ein Streben nach Befreiung vom äußeren Druck aus. Diese Selbstbehauptung gegenüber drückenden Existenzbedingungen suchten Epikureer und Stoiker jeder in seiner Weise zu verwirklichen. Ihre Lehren aber waren, wie wir sahen, an sich schon nicht der richtige Boden für empirische Forschung. Auf die Dauer jedoch konnte das negative, gefühllose Verhalten gegen Leiden, das die Lebensweisheit dieser Denkerschulen ausmachte, nicht befriedigen, und an ihre Stelle traten Richtungen, die darauf ausgingen, der Persönlichkeit ein anderes Dasein als das irdische zu bereiten, d. h. mit Hilfe einer Art von höherem, geheimem Wissen ihr eine glücklichere Welt zu schaffen, darin sie leben könnte. Es entstand eine halb mystische, halb experimentelle Psychologie, die von Philosophenschulen mit sektenähnlicher Organisation gepflegt wurde. Eine von diesen Vereinigungen, die denen der Pythagoreer in älteren Zeiten ähnlich waren, nannte sich sogar „die Neupythagoreer“, eine andere ernstere und wissenschaftlichere war die neuplatonische, die auf dem mystischen Wege innerer Betrachtung den Menschengeist mit der Ideenwelt, die Platon für die wirkliche erklärt hatte, in Berührung bringen wollte. Der Begriff der Philosophie selbst erlitt durch diese Entwicklung eine radikale Veränderung — der Philosoph war nicht mehr, wie der Name besagte, ein Freund der Weisheit, sondern ein Freund der Frömmigkeit. Als solcher aber hatte er kein Interesse mehr für die Vorgänge in der Natur; sein Geist lebte ja in übernatürlichen Regionen, und widmete er den Naturobjekten Zeit, so geschah es doch nur, um die geheimen Götterkräfte zu erforschen, die, dem unkundigen Auge verborgen, in Pflanzen und Tieren wohnten.

Der Gottesglauben war also im späten Altertum zu neuem Leben erwacht, aber nicht der alte, mit dem Leben der Kleinstaaten untrenn-

bar verbundene Opferglaube[1]), sondern der Glaube an eine Allmacht, die den einzelnen von Sorgen und Leiden retten konnte. Es bildeten sich zahlreiche religiöse Vereinigungen, die ihren Mitgliedern durch mystische Mittel Glück und Frieden in diesem oder jedenfalls in dem zukünftigen Leben zu bereiten suchten. Unter diesen trat nun auch das Christentum hervor und trug schließlich den Sieg davon dank dem allgemeinen Gebot der Liebe und der festen Hoffnung auf Erlösung, die es der Menschheit verhieß, und nicht weniger durch die starke Organisation der Gemeinden, zu denen sich die ersten Bekenner zusammentaten, die sich in einer unbegrenzten Hilfsbereitschaft nach innen und einer unbesiegbaren Widerstandskraft nach außen zeigte. Ein Zeitalter jedoch, in dem die Besten unter den Menschen ihr Lebensglück außerhalb des wirklichen Daseins suchten, mußte natürlich eine Zeit des Verfalles werden, sowohl in materieller Hinsicht als auch im Hinblick auf die Seiten des geistigen Lebens, die es mit der Wirklichkeit zu tun haben: die exakte Wissenschaft ebenso wie die bildende Kunst.

Schon im zweiten Jahrhundert unserer Zeitrechnung, als der materielle Wohlstand sich noch auf der Höhe befand, zeigten sich bereits die Vorboten geistiger Auflösung. Es lebten damals die letzten großen klassischen Verfasser, der römische Dichter Juvenalis und der Grieche Lukianos, daneben aber eine Menge eifrig und ohne Erfolg von ihnen bekämpfter Vertreter der neuen Zeit — Wundertäter, Wahrsager und Geisterbeschwörer. Damals lebte auch der letzte große Biologe der antiken Kulturwelt, der Arzt Galenus, der in seinen Schriften auf eigentümliche Weise das vielseitige Wissen des Altertums mit der mystischen Sinnesart der nahenden Zeit vereinigt.

Galenos wurde im Jahre 131 zu Pergamon in Kleinasien von griechischen Eltern geboren. Nach seiner Übersiedlung nach Rom latinisierte er seinen Namen und nannte sich Claudius Galenus, fuhr aber fort, seine Werke auf griechisch zu verfassen — ein treffendes Beispiel der Mischkultur, wie sie zu seiner Zeit herrschte. Sein Vater war Architekt; im Traum wurde ihm die Mitteilung, sein Sohn solle Arzt werden, und so betrat Galenus auf göttliche Veranlassung die ärztliche Laufbahn. Vorher schon war er unter der Leitung guter Lehrer in die Philosophie seiner Zeit eingeweiht worden; er hatte in seiner Vaterstadt sowohl Platoniker, als auch Epikureer und Stoiker gehört, aber besonders vertiefte er sich in die Schriften von Aristoteles und Theophrastos.

1) Der Opferkultus lebte zwar auch in der spätantiken Zeit wieder auf, aber kaum mehr als der alte, vaterländische, sondern eher als ein mit mystischen, leidenschaftlichen Zeremonien ausgestatteter, aus dem Orient stammender Kultus. Für die besten Männer der Zeit hatte er jedenfalls einen geringen, oder doch nur konventionellen Wert.

Medizin studierte er zuerst in seiner Heimat, dann in Korint und zum Schluß in Alexandria, überall zugleich auch bei den besten Lehrern seiner Zeit philosophische Allgemeinbildung sich aneignend. In dieser Weise gründlich ausgebildet, kehrte er 158 in seine Heimatstadt zurück und erhielt eine Anstellung als Arzt an einem Asklepiostempel und, was recht bezeichnend ist, an der städtischen Gladiatorenschule. Sechs Jahre später zog er indessen nach Rom und fing dort an, Vorlesungen über seine Wissenschaft zu halten, die ihm die Freundschaft angesehener Männer und den Neid anderer Ärzte einbrachten. Aber noch mehr Neid erweckte seine große Praxis, und da er selbst keineswegs seine Neider unter den Fachgenossen schonte, sondern im Gegenteil scharf mit ihnen ins Gericht ging, indem er den Niedergang innerhalb des Ärztekollegiums tadelte, brach gegen ihn ein solcher Sturm des Unwillens los, daß er für einige Zeit das Feld räumen und in seine Heimat zurückkehren mußte. Sein Ansehen hatte sich jedoch unterdessen so gefestigt, daß er nach Verlauf nur eines Jahres zum Leibarzt des Kaisers Marcus Aurelius berufen wurde und nun unter dieses Herrschers und seines Sohnes Commodus' Schutz seine Tätigkeit in Rom fortsetzen konnte. Seine letzten Jahre flossen still dahin; man weiß nicht einmal, wo und wann er starb, wahrscheinlich um 210 in Pergamon.

Als Schriftsteller war Galenus sehr produktiv — nach seiner eigenen Angabe hat er 256 Schriften verfaßt, von denen 131 medizinischen Inhalts waren. Von diesen haben sich 83 bis auf unsere Zeit erhalten. Seine übrigen Arbeiten, von denen das meiste verloren gegangen ist, betrafen Philosophie, Mathematik, Grammatik und Jurisprudenz. Er war also ein vielseitig gebildeter Mann, dessen Interessensphäre sich weit über das spezielle Gebiet der zeitgenössischen und sogar der alexandrinischen Ärzte hinaus erstreckte und der sehr wohl geeignet war, die verschiedenen medizinischen Schulen kritisch zu prüfen, die einander mit dogmatisch formulierten Programmen bekämpften und das Ansehen der Heilkunde schädigten. Selbst schätzte er die Allgemeinbildung hoch und fordert in einer bis jetzt erhaltenen Schrift seine Berufsgenossen auf, die Philosophie als die unentbehrliche Grundlage für das richtige Verständnis der Menschennatur in gesundem und krankem Zustande zu studieren. Dabei weist er vor allem hin auf Hippokrates, dem er in allen seinen Schriften geradezu schwärmerische Lobreden hält, dessen Worte gedeutet werden müßten, als wären sie göttlichen Ursprungs. Jedoch auch Platon und Aristoteles sind ihm Quellen richtiger Natur- und Lebensauffassung, und ihre ideale Lebensanschauung hat er seiner Auffassung der biologischen Erscheinungen zugrunde gelegt. Von ihnen hat er das Grundprinzip übernommen, daß eine göttliche Vernunft Urgrund und Lenker aller Dinge wäre, daß ihre Existenz durch die Zweckmäßigkeit in der Natur beweisen

werde, und daß die Seele das Endziel für das körperliche Dasein bilde. Während aber Aristoteles die Zweckmäßigkeit in der Natur beweist, indem er verschiedene Lebensformen vergleicht und die Übereinstimmung in ihrer Existenz und Entwicklung nachweist, betrachtet Galenus ausschließlich die Organe des Menschen und sucht nachzuweisen, wie sie doch bis in die kleinsten Einzelheiten genau so gebaut und angepaßt wären, als sie sein sollten. Und in dieser vortrefflichen Organisation des menschlichen Körpers sieht er den Beweis für die Macht und die Weisheit des Schöpfers, den er nicht müde wird, zu loben und zu preisen in Worten, die von tief innerlicher Religiosität zeugen, und in einem Ton, der weit verschieden ist von der nüchternen Wissenschaftlichkeit, mit der Aristoteles die Notwendigkeit der im Universum waltenden Vernunft beweist. Abwechselnd jedoch mit solchen Äußerungen der Frömmigkeit sehen wir in seinen Schriften unbeherrschte, heftige Ausfälle gegen die Vertreter der Lehre von der Herrschaft der Notwendigkeit in der Natur und der Lehre von den Atomen als den Grundbestandteilen der Dinge, namentlich gegen Epikuros und dessen Schüler Asklepiades[1]). Aber in noch einer Hinsicht erweist sich Galenus als ein Kind seiner Zeit; er zitiert nämlich nicht nur die alten griechischen Denker, sondern berücksichtigt auch die mosaische Schöpfungsgeschichte, die wohl sicher seine allgemeine Anschauung von der Natur beeinflußt hat, wenn er auch gegen sie polemisiert, da er die Materie für ewig hält und die Erschaffung aus dem Nichts leugnet. Seine Naturauffassung bildet ja, wie gesagt, einen einzigen Lobgesang auf die Weisheit des Schöpfers. In jedem einzelnen Teil des Körperbaues des Menschen zeigt sich die Vorsehung; ein Beweis dafür ist z. B. die Hand, an der nicht nur die Anzahl und Länge der Finger, sondern auch jede Sehne, jeder Muskel ein Werk der Vorsehung ist, und dasselbe gilt auch ebenso für alle, selbst die kleinsten Teile. Mit Hohn wendet er sich gegen die Behauptung der Epikureer, daß die Organe durch Übung entwickelt und durch Ruhe geschwächt würden; wäre das der Fall, so müßten ja mit der Zeit fleißige Menschen vier Beine und vier Arme erhalten, die faulen aber nur je eines von jeder Sorte. Recht gesehen, seien auch Organe, die auf den ersten Blick unpraktisch erscheinen, einem bestimmten Zwecke angepaßt. Auf die Frage beispielsweise, warum der Mensch nicht so lange Ohren habe wie der Esel, mit denen er besser hören könnte, lautet seine Antwort: damit der Mensch einen Hut auf dem Kopfe tragen könne. Doch nicht nur auf den Nutzen des Menschen, sondern auch auf seine Schönheit hat der weise Schöpfer Rücksicht genommen,

1) Asklepiades war ein angesehener griechischer Arzt in Rom im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnuug. Seine insgesamt verlorenen Schriften wurden im Altertum sehr geschätzt, scheinen aber keine biologischen Untersuchungen enthalten zu haben.

wie man aus der Verteilung des Haarwuchses im Gesicht ersehen kann — der Bart am Kinn ist ein passender Schmuck für einen Mann, während ein Bart auf der Nase dem Gesicht ein wildes und barbarisches Aussehen geben würde. Während demnach die Haare am Haupte ein Werk des Schöpfers sind, seien dagegen die Haare an den Armen und Beinen ein Werk des Zufalls und mit dem Unkraut zu vergleichen, das sich selbst aussät — die Griechen, die mit nackten Armen und Beinen einhergingen, hielten diese Haare für entstellend und entfernten sie. Zu solchen Albernheiten führte seinerzeit Aristoteles' Lehre von der Zweckmäßigkeit in der Natur, als sie nicht mehr von seiner nüchternen, klaren Logik regiert wurde. Indessen findet die Frömmigkeit bei Galenus auch edleren und tieferen Ausdruck, wo er die anatomischen Einzelheiten beiseite läßt und auf rein ethische Fragen übergeht. So klingen Worte wie die folgenden schon ganz biblisch: „Nach meiner Meinung besteht wahre Frömmigkeit nicht darin, daß man Hunderte von Tieren oder Tausende von Spezereien und Räucherwerk opfert, sondern darin, daß man selbst die Weisheit, Macht und Liebe des Schöpfers erkennen lernt und andere darin unterrichtet.“ Erhaben sind auch die Worte, mit denen er seine Berufsgenossen ermahnt, nicht nach Gewinn zu streben, sondern sich dem Dienste der leidenden Menschheit zu opfern. Hier zeigt Galenus dieselbe edle Humanität, die sein Herrscher Marcus Aurelius in seinen Selbstbetrachtungen niedergeschrieben hat, und alles deutet darauf hin, daß er, gleich seinem Herrn, so lebte wie er lehrte.

Steht Galenus demnach in seiner allgemeinen Auffassung vom Leben auf der Grenze zwischen Altertum und Mittelalter, so war er doch fraglos, was seine anatomischen Spezialkenntnisse betraf, der hervorragendste Gelehrte des klassischen Altertums, dessen Autorität auf diesem Gebiete unerschüttert bis zur Renaissancezeit herrschte, ja sogar darüber hinaus, bis die Entdeckung des Blutkreislaufes durch Harvey einen von den Grundsteinen seines Lehrgebäudes zerstörte. Sowohl als Anatom wie auch als Arzt hatte Galenus den unschätzbaren Vorzug, auf den Werken hervorragender Vorgänger weiterbauen zu können, aber er kannte auch die Bedeutung dieses Erbes und vermehrte es in ansehnlicher Weise durch eigene Beobachtungen. Diese stellte er ausschließlich an Tieren, sowohl lebenden als auch toten, an, namentlich aber an Affen, welche er für ein außerordentlich geeignetes Material zum Studium der menschlichen Anatomie ansah. Menschenleichen zu sezieren, kam ihm nie in den Sinn, denn die Zeiten hatten sich seit Herophilos wesentlich geändert, und alte, wiederaufgelebte, abergläubische Bedenken übten aufs neue ihre Macht auf die Gemüter aus. Seine Darstellung der Anatomie des menschlichen Körpers beginnt er sehr bezeichnend mit dem Bau der Hand, des nützlichsten aller Organe, mit dem die Seele ihren Willen voll-

zieht; denn der ganze Körper sei ja nur der Seele wegen da. Die Menschenhand wird also sehr genau und eingehend geschildert, aber wie man deutlich konstatieren kann, nach Untersuchungen an Affenhänden. Danach werden die übrigen Extremitäten beschrieben, sodann der Verdauungskanal, die Atmungsorgane, das Gehirn, das Rückgrat, die Blutgefäße und die Genitalorgane. Am höchsten steht Galenus als Gehirn- und Nervenanatom und auf diesem Gebiet haben seine anatomischen und experimentellen Untersuchungen zu Ergebnissen geführt, die diejenigen aller Vorgänger weit überragen. Er vertiefte sehr wesentlich die Kenntnisse über die Funktionen der motorischen und der sensiblen Nerven, welche schon die alexandrinischen Anatomen beobachtet hatten, und unterscheidet zwischen sensiblen oder nach seiner Terminologie „weichen", und motorischen oder „harten" Nerven. Die weichen Nerven gehen vom Gehirn zu den Sinnesorganen, die harten gehen vom Rückenmark aus. Da nun die Rückenmarksnerven auch deutlich sensible Eigenschaften aufweisen, Galenus aber keinen Unterschied zwischen den vorderen und hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven bemerkt hat, hilft er sich mit der Annahme „gemischter" Zusammensetzung und Funktion bei gewissen Rückenmarksnerven. Durch das Experiment der Durchschneidung gewisser Teile des Rückenmarks bei lebenden Tieren stellte er ihren Zusammenhang mit den entsprechenden Körperteilen fest. Auch das Gehirn wird eingehend geschildert und von seinen Nerven kennt Galenus sieben Paare, deren Verzweigungen genau verfolgt werden. Seine Darstellung der Funktion des Gehirns wird jedoch verwirrt durch Spekulationen über das „Seelenpneuma", das in den Hirnventrikeln erzeugt wird, das ganze Nervensystem durchströmt und dessen wesentlichsten Bestandteil, die Grundbedingung seiner Funktionen ausmacht. Hierbei mag noch erwähnt werden, daß er an der alten Auffassung von der Lokalisation der seelischen Eigenschaften in verschiedenen Organen festhält, was natürlich wieder Veranlassung bietet zu Betrachtungen über die Weisheit des Schöpfers und die Zweckmäßigkeit der Schöpfung. Einen von den schwachen Punkten in den Erörterungen der antiken Anatomen überhaupt und auch bei Galenus bildet der Verdauungskanal. Dieser wird nach einer Kombination von Sektionsergebnissen bei verschiedenen, sowohl pflanzen- als auch fleischfressenden Tieren geschildert, was nicht gerade zur Klärung dieses Gegenstandes beitrug. Nach Aristoteles beruhte die Verdauung auf einer Kochung der Nahrung; Galenus spricht von einer besonderen „umbildenden Kraft" des Magens, deren Produkte durch die Blutgefäße der Leber zugeführt und hier in Blut umgebildet werden, während die ungeeigneten Stoffe in der Nahrung von der Milz aufgenommen und, von ihr in schwarze Galle verwandelt, zum Schluß durch den Darm ausgeschieden werden. Die Nieren dagegen

dienen zur Entfernung des überschüssigen Wassers aus dem Blute. Dieses wird darauf durch die Lebervenen teils in die rechte Hälfte des Herzens, teils zurück in den Körper geleitet.

Das Blutgefäßsystem wird von Galenus ausführlich behandelt, und seine Ansichten auf diesem Gebiete mit allen Fehlern und Vorzügen haben sich sehr lange erhalten. Als ein besonderes Verdienst muß ihm angerechnet werden, daß er das alte Vorurteil, als enthielten die Arterien und die linke Herzhälfte Luft, endlich besiegte. Nach seiner Meinung enthalten sie Blut mit einer Beimischung von „Pneuma", jenem im Altertum so viel besprochenen, teils luft-, teils feuerartigen Lebensprinzip, auf dem das Dasein lebender Wesen beruht. Galenus spricht an einer Stelle die Hoffnung aus, man werde einst den Bestandteil der Luft, der das Pneuma ausmacht, auffinden und somit den Stoff, der gleichzeitig das Leben und die Verbrennung unterhält, — eine eigentümliche Vorausahnung des viel später entdeckten Sauerstoffes. Das Herz wird genau geschildert, sowohl was den Bau, als auch was die Funktion betrifft. Dagegen aber läßt er die Venen ebenso wie die Arterien das Blut aus dem Herzen in den Körper leiten, wo es verbraucht wird. Von Blut, das aus dem Körper in das Herz strömt, weiß er nichts, und seine Ansicht von der Blutbewegung wird dadurch noch verworrener, daß er in der Leber eine Art von Zentralorgan des Venensystems sieht, aus dem das Blut nicht nur zum Herzen, sondern auch zum Körper fließt. Die linke Hälfte des Herzens erhält durch die Vena pulmonalis Blut aus den Lungen; die rechte dagegen gibt an die Lungen Exkretionsstoffe ab, „Ruß", der durch die Verbrennung im Herzen entsteht und durch Ausatmen entfernt wird. Die Wand zwischen der rechten und linken Herzhälfte ist porös, so daß das Blut hindurchtreten kann. Die Wände der Blutgefäße werden sorgfältig geschildert, wie überhaupt das Studium der Einzelheiten des Baues von Organen Galenus' starke Seite ist. Verbindungen zwischen Arterien und Venen sind ihm bekannt, aber er hat sich, wie aus obiger Schilderung hervorging, keine Zirkulation gedacht, und dieser Umstand zugleich mit den übrigen Unklarheiten in seiner Auffassung dieses Organsystems hat während anderthalb Jahrtausenden ein Hindernis für die Entwicklung der Biologie gebildet.

Den Atmungsprozeß hat Galenus genau und im ganzen richtig dargestellt. Hinsichtlich der Sinnesorgane jedoch ist er trotz eingehender Spezialuntersuchungen kaum weiter gediehen als seine Vorgänger, und dasselbe kann man auch von seiner Darstellung des Genitalsystems und der embryonalen Entwicklung sagen, wo er im allgemeinen noch auf dem Standpunkt von Aristoteles steht.

So großzügig auch Galenus' wissenschaftliche Tätigkeit war, scheint sie doch von seinen Zeitgenossen nicht sehr geschätzt worden zu

sein. Er klagt selbst darüber, daß ihn wenige verstehen, tröstet sich aber damit, daß der Schöpfer selbst trotz des Undanks der Menschen nicht aufhört, Gutes zu tun. Die Nachwelt hat in diesem Fall in ungewöhnlich reichem Maße das vergolten, was ihm seine Zeit schuldig blieb. Daß Galenus nicht nach dem Geschmack seiner Zeitgenossen war, erklärt sich wohl durch seine eigentümliche Übergangsstellung zwischen zwei Zeitaltern — den Überlebenden aus der rein antiken Schule mußte er durch seine schwärmerische Frömmigkeit abstoßend erscheinen, und die mehr oder weniger mystisch Veranlagten, die damals wohl schon in der Mehrzahl vorhanden waren, interessierten sich überhaupt nicht für exakte Naturwissenschaft. Die Handauflegungen und Beschwörungen von Wundertätern genossen sicher größeren Zuspruch, als die auf anatomischen Studien beruhenden Heilmethoden eines Galenus. Überhaupt verschwand in dieser Zeit immer mehr und mehr das Interesse für das Studium der Natur wenigstens in dem Sinne, wie die Forscher vergangener Zeiten es aufgefaßt hatten. Höchstens sammelte man zu Erbauungszwecken Anekdoten über Gegenstände aus der Natur. Eine solche Sammlung ist die bis auf unsere Tage erhaltene Schrift „Über die Lebensgewohnheiten der Tiere", verfaßt von Claudius Aelianus ein Menschenalter nach Galenus. Dieser Verfasser, Rhetor, d. h. öffentlicher Vorleser von Beruf, lebte in Rom in der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts und dürfte um das Jahr 260 gestorben sein. Sein Werk ist eine Sammlung von Geschichten über Tiere, die aus verschiedenen Quellen, also nach dem Vorbild von Plinius, zusammengestellt wurden. Während aber bei Plinius das Interesse für die Natur der leitende Gedanke ist, besteht bei Aelianus allein die Absicht zu erbauen. Wenn Plinius seine Leser erbaute, z. B. mit der Erzählung von den Tugenden des Elefanten, so tat er es, um die hohen Seeleneigenschaften eines Tieres zu beleuchten; bei Aelianus sind aber auch die geringsten Wesen erfüllt von rein persönlicher Ehrfurcht für den Schöpfer, so daß die mittelalterlichen Legendenverfasser bloß die erwähnten Götter durch christliche Heilige zu ersetzen brauchten, um eine Sammlung erbaulichster Beispiele für Predigten zu schaffen. So erzählt Aelianus von einem Hahn, dessen eines Bein gebrochen war, daß er auf dem heilen Beine bis vor ein Götterbild hüpfte und dort mit vorgestrecktem kranken Fuß so rührend krähte, daß der Gott sich seiner erbarmte und ihn durch ein Wunder heilte, worauf der Hahn dankbar mit den Flügeln schlagend sich empfahl. Hier sehen wir die rein mittelalterliche Auffassung schon mehr als ein Jahrhundert vor dem endlichen Siege des Christentums — wieder ein Beweis unter vielen anderen von der Unrichtigkeit der Behauptung, als hätte die christliche Kirche nach ihrem Siege die antike Kultur ausgerottet. Im Hinblick auf die Naturwissenschaft wurde im vorhergehenden der Ver-

such gemacht, den inneren Auflösungsprozeß zu beleuchten, der vom großzügigen Gedankensystem eines Aristoteles zur Legendensammlung eines Aelianus führte. Das Interesse, das so lange in der antiken Kulturwelt für die Naturerscheinungen rege gewesen war, hörte damit völlig auf. Was an Forschungsgeist noch vorhanden war, wandte sich der idealistischen Philosophie, der Schöpfung Platons, zu, welche von Denkern, die seinen Namen führten und von seiner Ideenlehre ausgingen, zu einer eigentümlichen, spekulativen und zugleich mystisch religiösen Richtung weiter entwickelt wurde. In ihrem Verhalten zur Außenwelt bildeten diese Neuplatoniker einen ebensolchen Gegensatz zu den Männern des Altertums wie die Christen ihrer Zeit. Plotinos, der Gründer der Schule, schämte sich, einen Körper zu haben, und ihr letzter großer Denker, Proklos (411—485), lebte als Eremit in einer Höhle, mied Wein, Weiber und Fleischspeisen und hatte Offenbarungen übernatürlicher Dinge. Denn das durch ekstatische Verzückung erreichte Aufgehen im Übersinnlichen war den Neuplatonikern nicht nur Lebenszweck, sondern auch Wissensquelle. Mit allen ihren ekstatischen Schwärmereien hat diese Schule doch den Menschengedanken auf einem wichtigen Gebiet vorwärts gebracht; sie hat den Unendlichkeitsbegriff in einer Weise behandelt, wie es früher niemand vermocht hatte. Bei den alten Atomisten war die Unendlichkeit bloß die unbegrenzte Ausdehnung in Zeit und Raum, etwa wie das Kind und der Wilde, müde vom Zählen, den Rest mit „viel" oder „eine Menge" bezeichnen. Für den Neuplatoniker war das Unendliche gleichbedeutend mit dem Unaussprechlichen und Unwißbaren, mit dem, das da über allen Definitionen und Maßen steht. Und wenn auch ihre Versuche, auf dem Wege der Ekstase jenes Unendliche zu erreichen, natürlich keinerlei Erkenntniswert hatten, so ist es doch eine unbestrittene Errungenschaft ihrer Bestrebungen, daß die Ohnmacht des Erkenntnisvermögens in bezug auf das Unendliche ein für allemal festgestellt wurde. Auf der Einsicht, daß das Wissen begrenzt ist gegenüber der Unendlichkeit des Daseins, gründet sich die Naturwissenschaft unserer Zeit, und nur unwissenschaftlicher Dilettantismus glaubt, diese Grenze überschreiten zu können.

In der Denkertätigkeit jener Zeit finden wir also Anregungen, die hinüberweisen über die Schranken, von denen die antike Auffassung des Seins umgrenzt war. Wie die Entwicklung dieser Bestrebungen unter glücklicheren äußeren Verhältnissen sich gestaltet hätte, läßt sich nicht berechnen, denn durch den Untergang des römischen Reiches wurden die äußeren, rein materiellen Bedingungen für weitere wissenschaftliche Forschung und für Kulturarbeit überhaupt zerstört. Schon in der zweiten Hälfte der Kaiserzeit hatte infolge von Mißwirtschaft, Bürgerkrieg und Raubzügen der Grenzvölker der Wohlstand bei den das römische Reich

bildenden Völkern beständig abgenommen. Im 5. Jahrhundert wurde die Weltherrschaft durch die Völkerwanderung vernichtet, und es trat ein Zustand tiefsten ökonomischen, politischen und moralischen Elends ein. Die neuen, von Barbarenvölkern gebildeten Staaten konnten nur schwer festen Fuß fassen, und das Fehlen jeglicher Kultur bei ihren Herrschern verhinderte, daß Ordnung und Wohlstand, wie sie jedes kulturelle Staatswesen nötig hat, Eingang fanden. Jedoch allmählich rafften sich die Völker Westeuropas zu neuer Kulturarbeit auf nationaler Basis auf. Schon während der letzten Jahrhunderte des römischen Reiches war Gallien seine zivilisierteste Provinz mit zahlreichen Anstalten für das Studium des klassischen Wissens. Während der Völkerwanderung flohen aus dem Westen Galliens viele Menschen in das zwar barbarische, aber friedliche Irland, und dieses Land erhielt auf diese Weise eine Kulturkolonie, die im 6. und 7. Jahrhundert der hervorragendste Sitz klassischer Bildung und eines von den Zentren zukünftiger Kulturarbeit wurde. Im Osten des alten Römerreiches entwickelte sich dagegen das byzantinische Reich mit despotischer Regierungsform und der griechisch-orthodoxen Kirche als einigendem Machtfaktor. Doch auch hier fanden sich Anfänge einer nationalen Kultur, die sich in volkssprachlichen Literaturansätzen und Interesse für griechische Wissenschaft zeigte. Besonders zeichnete sich Syrien aus, wo die nationale Bewegung sich oft mit religiösem Sektentum verband; aber auch in Persien studierte man unter der Herrschaft der Sassaniden griechische Wissenschaft, besonders Aristoteles. In diesen Ländern trat übrigens bald eine ganz neue Kulturmacht auf, die das Wissen der klassischen Zeit übernahm und weiter entwickelte, nämlich das Volk der Araber mit seiner neuen, von Muhammed gestifteten Religion.

Kapitel IX.

Biologische Wissenschaft bei den Arabern.

Als im Jahre 632 Muhammed starb, hatte die von ihm gestiftete Religion sich bereits über ganz Arabien ausgebreitet, und seinen Nachfolgern, den ersten Kalifen, gelang es, binnen weniger Jahrzehnte die alten Kulturländer Babylonien, Persien, Syrien und Ägypten zu unterwerfen, und später kamen noch Nordafrika und Spanien hinzu. Krieg gegen die Ungläubigen war ja des Propheten erstes Gebot, und die Heiden hatten nur die Wahl zwischen Tod und Bekehrung. Andere Ungläubige dagegen, die im Besitze religiöser Schriften waren, Christen, Juden und Perser, durften zwar am Leben bleiben, mußten aber besondere Steuern zahlen und waren persönlichen Demütigungen unterworfen. Die Wüstenbeduinen, die so im Handumdrehen Herren der ältesten Kulturländer der Welt

geworden waren, waren ja selbst noch reine Barbaren, aber intelligent und für kulturelle Einflüsse empfänglich, zumal sie schon früher durch ihr nomadisches Leben mit zivilisierten Grenzvölkern in Berührung gekommen waren. Ihre neue Religion war insofern einer raschen Kulturentwicklung günstig, als sie eine einfache Gesetzreligion mit nur wenigen Vorschriften, zwar ohne die erhabenen ethischen Forderungen des Christentums, aber auch frei von konfessionellen, theologischen Spitzfindigkeiten war. Da ferner die Araber wenig Interesse für soziale und politische Fragen übrig hatten, denn sie ließen die Einrichtungen eroberter Völker bestehen und begnügten sich mit der Einsetzung von Statthaltern und der Erhebung von Steuern, behielten sie Zeit genug übrig, die sie rein intellektuellen Interessen widmen konnten. Sie eigneten sich in der Tat die Elemente der damaligen Kultur mit einer Geschwindigkeit an, wegen welcher man sie mit den Japanern unserer Tage verglichen hat und haben in vieler Hinsicht verstanden, auf den vorgefundenen Grundsteinen weiterzubauen. Die Grundlage bildete die griechische Wissenschaft, wie sie sie bei den unterworfenen Völkerschaften in syrischer und persischer Übersetzung vorfanden. Erst später lernten die Araber die griechischen Originaltexte lesen. Auf diesem Material bauten sie weiter und schufen eine Wissenschaft, die zugleich eine Fortsetzung der griechischen und eine Umformung derselben entsprechend den durch die arabische Weltanschauung gegebenen Bedingungen darstellte. Nach Muhammeds Lehre sollte der Koran die Quelle allen Wissens sein und alles enthalten, was der Mensch an Kenntnissen brauchte; aber diese Forderung, welche alle Forschung vereitelt hätte, umging man, so oft ein freierer Wind wehte, obgleich obskurantische Herrscher stets den Gelehrten mit der wörtlichen Anwendung des Gesetzes drohten. Die Folge davon war, daß der arabischen Forschung stets eine gewisse Unfreiheit wenigstens in der äußeren Form anhaftete; man gab seinen Arbeiten, auch den selbständigsten, gern das Aussehen von Kommentaren zu den Schriften irgendeines berühmten Gelehrten des Altertums. In der Philosophie war es natürlich Aristoteles, in der Medizin Galenus, der seine Autorität hergeben mußte, von dem man ausging und hinter dem man sich verschanzte, falls die Obrigkeit die Forschungsresultate für unzulässig ansah. Freilich konnten während der Glanzperiode der arabischen Forschung neue und große Gedanken in solchen Erklärungen alter Schriften verborgen sein, aber in der Methode lag doch die Gefahr der Überhandnahme unselbständigen Nachsprechens, und es wurde in der Tat die arabische Wissenschaft bald von der Flut völlig geistloser Auslegungen alter Autoren geradezu ertränkt.

Der arabische Einsatz auf dem Gebiet der exakten Wissenschaften war am größten in der Mathematik und Astronomie, und die Impulse

hierzu sind nicht nur auf griechischen, sondern auch auf indischen Einfluß zurückzuführen — die sogenannten „arabischen Ziffern", welche man heute allgemein anwendet, sind ja von den Arabern aus Indien entlehnt worden — ferner in der Geographie, die von den Arabern durch Erforschung unbekannter Gegenden bereichert wurde, in der Medizin, besonders der Pharmakologie und mit ihr in der Botanik und schließlich in der Chemie, welche erst durch sie zur Wissenschaft erhoben wurde. Die Chemie ist ja mehr als andere eine Experimentalwissenschaft, und mit ihr ist also auch das Experiment von den Arabern als Methode in die Wissenschaft eingeführt und weiter ausgebildet worden. Schon diese Tat sichert der arabischen Wissenschaft einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Forschung. Das Experiment, mittels dessen der Forscher selbst in den Gang der Naturereignisse eingreift, um durch eine bestimmte Anordnung desselben die Antwort auf eine von ihm gestellte Frage zu erhalten, — diese Methode also, durch die am ehesten die Gesetzmäßigkeit der Naturerscheinungen bewiesen werden kann, war der antiken Forschung unbekannt. Nicht einmal Archimedes, so hervorragend er auch als praktischer Ingenieur war, war Experimentalphysiker, und die Vivisektionen des Galenus und seiner alexandrinischen Vorgänger hatten mehr den Charakter von Beobachtungen am lebenden Tier, als von eigentlichen Experimenten. Indessen ist die experimentelle Methode eigentlich uralt und hat ihren Ursprung in einer Menge Erfahrungen, die innerhalb verschiedener Volksklassen fortlebten, bevor noch die Wissenschaft ihre Methodik übernahm und zur Erlangung exakter Forschungsresultate verwendete. So gibt es bei allen Völkern magische Experimente, die da ausgehen auf Bereitung von Zaubermitteln, die aus den wunderlichsten Bestandteilen zusammengekocht werden, um als Liebestrank, Verjüngungselixier, Beschwörungsmittel oder direkt als Gifte zu dienen. Solche Zaubergebräue wurden bei allen Völkern des Altertums von Hexen und Zauberern bereitet und spielen noch heutigen Tages nicht nur bei niedrig stehenden Völkern, sondern auch in den niederen Volksschichten hochkultivierter Nationen eine Rolle. Sehr begreiflich ist es, daß die aufgeklärten antiken Männer der Wissenschaft sich nicht mit solchen Zauberküchenkünsten befassen wollten; erst der Zug zum Vulgären und Phantastischen, den der Verfall der antiken Kultur in die Wissenschaft brachte, bewirkte, daß auch denkende und forschende Menschen anfingen, sich für die Methoden der Volksmagie zu interessieren. Diesen ihren Ursprung kann auch die älteste Experimentalwissenschaft nicht verleugnen, denn während des ganzen Mittelalters ist sie als Alchimie beschäftigt mit ausgesprochen mystischen Dingen, vor allem der Verwandlung unedler Metalle in edle, der Erfindung von Lebens- und Unsterblichkeitselexieren, Homunkuluserschaffung usw. Derartige Ziele verfolgte sie auch dann noch, als die Methoden und Mittel,

wenigstens in gewissen Einzelheiten, bereits eine recht große Exaktheit zeigten und die Kenntnis besonders von den anorganischen Naturobjekten bedeutend vorgeschritten war. Später also als die übrigen Zweige der exakten Wissenschaft hat sich die experimentelle vom Zusammenhang mit der übernatürlichen Gedankenwelt freigemacht, aus der seinerzeit jegliche Wissenschaft hervorging. Erst der Forschung der neueren Zeit aber war es vorbehalten, die Vorteile der experimentellen Methodik voll auszunutzen.

Mit der Biologie hatten die berühmten arabischen Alchimisten, ein Geber und andere, nichts zu schaffen; sie beschäftigten sich nur mit der anorganischen Natur. Dagegen hatte der Orient eine Anzahl rein spekulativer Forscher, die aus theoretischen Gesichtspunkten die Erscheinungen in der lebenden Natur behandelten und einen nachhaltigen Einfluß auf diesem Gebiete auf die Anschauungsweise der folgenden Zeit gehabt haben. Alle diese Philosophen gingen bei ihren Forschungen von Aristoteles aus und äußerten, wie gesagt, ihre eigenen, oft recht kühnen Ansichten in Form von Kommentaren zu seinen Werken. Ihre Stellung war nämlich stets eine gefährliche, denn sie wurden von den rechtgläubigen Muhammedanern, denen alle Studien außerhalb des Rahmens des heiligen Korans unzulässig erschienen, mit Mißtrauen angesehen. Vor diesen beständigen Verfolgungen fanden sie keinen anderen Schutz, als die Gunst irgendeines die Wissenschaft liebenden Fürsten, die durch Schmeichelei gewonnen und erhalten werden mußte und gleichwohl eine stets unzuverlässige Gewähr für Leben und Unterhalt war. Lehrämter hatten diese Philosophen nicht, da der muhammedanische Osten nur Hochschulen für Koranstudien kannte, und ihre gelehrten Forschungen betrieben sie als Privatbeschäftigung. Ihrem Berufe nach waren sie oft Ärzte, bisweilen Juristen, Beamte oder Hofleute.

Unter diesen Denkern des Orients haben hauptsächlich zwei großen Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft des Westens gehabt, indem ihre Schriften früh ins Lateinische übersetzt und in Europa fleißig studiert wurden und als Ausgangspunkt für weitere philosophische Forschungen dienten. Abu Sina, oder wie er nach Latinisierung seines Namens in Europa genannt wurde, Avicenna, wurde im Jahre 980 in Buchara als Sohn persischer Eltern geboren. Zu jener Zeit war Persien in eine Menge größerer und kleinerer Staaten geteilt und von Fürsten beherrscht, die im Wettstreit miteinander durch kriegerische und friedliche Taten Ehre zu gewinnen strebten. Es herrschte ein reges geistiges Leben und die Zeitverhältnisse dort sind oft mit denjenigen Italiens zur Zeit der Renaissance verglichen worden. Auch Avicenna selbst gleicht sehr einem Renaissancegelehrten. Seine Bildung und seine Interessen waren universal — eigentlich war er Arzt, daneben aber Mathe-

matiker, Astronom, Philosoph und Dichter. Mannigfaltig waren auch seine Lebensschicksale. Bald war er der allmächtige Minister am Hofe eines kleinen Fürsten, bald aus dem Lande verwiesen und fliehend vor seinen Feinden vom Tode bedroht. Als ein durch Anstrengung und zügellose Genußsucht gebrochener Mann schied er im Jahre 1037 aus dem Leben. Die wichtigste seiner zahlreichen Arbeiten ist sein großer medizinischer „Kanon", der nächst Galenus' Schriften während des Mittelalters eine erste Autorität auf dem Gebiete der Heilkunst vertrat. Für die Geschichte der Biologie haben die allgemein naturphilosophischen, anatomischen und physiologischen Teile dieses Werkes Interesse. Auch eine allgemein philosophische Arbeit ist von ihm erhalten. Als Denker geht Avicenna von Aristoteles aus, steht aber zum Teil unter dem Einfluß des Neuplatonismus. Seine Auffassung von der Natur wird von Aristoteles' und Galenus' Zweckmäßigkeitslehre beherrscht, und auf Galenus stützt sich auch ganz und gar seine Darstellung der menschlichen Anatomie. Die Araber fürchteten noch mehr als die Völker des Altertums, Menschenleichen zu sezieren — solches war im Koran verboten, und wie vorurteilsfrei auch die Gelehrten jenes heilige Buch auffassen mochten, in dieser Hinsicht wagten sie nicht, gleichzeitig gegen dasselbe und gegen die Volksmeinung zu verstoßen. Als Physiologe ist Avicenna selbständiger, denn hier konnte er über die Fortschritte seiner Zeit auf den Gebieten der Physik und Chemie verfügen. Eigentlich aber waren seine Verdienste mehr formeller Natur, und seine Berühmtheit im Orient und später vielleicht in noch höherem Grade im Abendlande beruhte mehr auf seinem glänzenden Stil und der übersichtlichen Gruppierung des Stoffes als auf originellen Ideen.

Weit origineller als Denker ist der andere von den beiden großen Gelehrten des Orients, Averrhoes oder Ibn Rosch, wie sein arabischer Name eigentlich lautete. Er war geboren zu Cordova in Spanien um das Jahr 1120 und war der Sohn eines angesehenen Richters. In seiner Vaterstadt, die einige Jahrhunderte lang der Mittelpunkt der arabischen Kultur in Spanien war, studierte er Philosophie, Medizin und Jura, war darauf mehrere Jahre Richter in Sevilla und wurde schließlich Statthalter einer Provinz. Einmal hat jedoch auch er durch den religiösen Fanatismus, der sich gegen Ende des 12. Jahrhunderts sehr unter den Muhammedanern in Spanien verbreitete, zu leiden gehabt. Wegen Freidenkerei angeklagt, wurde er gefangen, als Ketzer verurteilt und in ein von Juden bewohntes Dorf bei Cordova verbannt. Zum Glück starb wenige Jahre darauf der Herrscher, der dieses Unrecht begangen hatte, und sein Nachfolger machte es sogleich wieder gut, indem er Averrhoes zurück an seinen Hof berief und ihm seine Ämter und Würden wiedererstattete. Dieser starb jedoch bald darauf im Jahre 1198.

Als Naturphilosoph geht Averrhoes von Aristoteles aus, und sein Hauptwerk hat die Form eines Kommentars zu dessen Schriften. Jedoch verhält sich Averrhoes weit selbständiger als seine Vorgänger, ja sogar als jeder andere Denker des Mittelalters, zu seinem Vorbilde, indem er zwar von dessen Gedanken ausgeht, sie aber selbständig weiter entwickelt. Besonders interessierte ihn das Verhältnis zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit in der Natur. Aristoteles betrachtete ja den Marmor als eine Möglichkeit, die zur Wirklichkeit wird, indem man daraus ein Bildnis formt, und hielt sich konsequent an diese Betrachtungsweise der Naturerscheinungen. Der Same, der Embryo ist die Möglichkeit, die Pflanze, das Tier die Wirklichkeit. Averrhoes macht dagegen geltend, in der Natur sei nichts möglich, was nicht in der Tat, wenn auch in unausgebildeter und darum verborgener Form existiert. Im Samen ist schon die Pflanze vorhanden, wenn auch in unausgebildeter Form, und ebenso das Tier im Embryo. Das Gleichnis vom Marmor hält Averrhoes nicht für passend, soweit die Natur in Frage kommt, es müßte denn sein, daß das Bildnis schon in den Adern des unbehauenen Blockes fertig vorgebildet wäre. Durch diese Betrachtungsweise hat Averrhoes die Wissenschaft um einen großen Schritt der heutigen Auffassung von der Entwicklung in der Natur näher gebracht. Der abstrakte Möglichkeitsbegriff von Aristoteles wird hier schon durch etwas ersetzt, was sich dem Energiebegriff unserer Zeit nähert. Averrhoes war der letzte große arabische Philosoph und zugleich der größte Naturphilosoph des Mittelalters. Wenn jemand würdig ist, der Aristoteles des Mittelalters genannt zu werden, so ist er es, der seinem Vorbilde nicht nur darin gleicht, daß er in einer Periode des Verfalls lebte und religiöser Verfolgung ausgesetzt war, sondern auch darin, daß in Jahrhunderten niemand seine Ideen weiter zu entwickeln vermochte. Die arabische Wissenschaft fiel bald darauf der religiösen Intoleranz zum Opfer; die christliche Scholastik aber, die den hoch angesehenen arabischen Denker[1]) fleißig studierte, sah in ihm bloß den Erklärer des Aristoteles und konnte ihm auf seinem Wege zu einer realeren Auffassung der Natur nicht folgen. Dennoch ist er selbst da nicht ohne Einfluß geblieben, denn um seinen Namen scharten sich die Gegner der kirchlichen Philosophie, und die von ihm erweckten Gedanken lassen sich demnach durch lange Zeiträume verfolgen, bis sie in der Naturwissenschaft unserer Tage ihre Bestätigung fanden.

Die arabische Literatur hat außer den genannten Naturphilosophen noch mehrere Verfasser aufzuweisen, die die Zoologie in engerem Sinne

1) Auf seiner poetischen Wanderung durch die Unterwelt sieht Dante im Vorhof der Heiden Averrhoes neben Aristoteles und anderen Denkern des Altertums.

behandelt haben, nämlich als Faunistik und Tiergeographie. Schon aus dem 9. und 10. Jahrhundert werden Verfasser dieser Art genannt, aber ihre Schriften sind nicht erhalten. Dagegen besitzen wir heute noch eine Schilderung der Tiere Ägyptens, die von Abdallatif (1162—1231) verfaßt ist und sich offenbar nicht bloß auf Angaben alter Autoren, sondern auch auf eigene Beobachtungen stützt. Unter anderem werden das Nilpferd und das Krokodil ausführlich geschildert, und es wird über die in Ägypten angewandte Methode, Hühnereier in künstlicher Wärme zu erbrüten, berichtet. Ein größeres zoologisches Werk, „Das Leben der Tiere" von Muhammed el Damiri, ist aus dem Ende des 14. Jahrhunderts erhalten. Dieser Verfasser schildert eine große Menge Tiere (nach einer Angabe annähernd 900) teils nach eigenen Beobachtungen, zum Teil aber sind es reine Phantasiegebilde. Einen Verfasser, den man mit Plinius vergleichen könnte, hat die arabische Literatur in Sacharja ben Muhammed, genannt Kasvini, nach seinem Heimatsort Kasvin im nördlichen Persien. Er lebte im 13. Jahrhundert und hatte also außer Aristoteles und Hippokrates, die er fleißig zitiert, noch eine Menge arabischer Vorgänger, deren Arbeiten er benutzt. Sein großes Sammelwerk „Die Wunder der Natur" steht auf dem Boden Aristotelischer Naturauffassung von der Entwicklung vom Niederen zum Höheren. Die Fähigkeiten der Bewegung und Empfindung bilden den Unterschied zwischen den Tieren und Pflanzen. Eigentümlich ist seine Ansicht über die fossilen Tiere. Er nimmt an, daß sie durch aus dem Boden aufsteigende Gase an den Stellen versteinert wurden, wo sie zu finden sind. Im übrigen beschreibt er eine Menge tropischer Tiere, die den antiken Verfassern unbekannt waren, z. B. den Orang-Utan, den er mit den menschlichen Eigenschaften ausstattet, die ihm die Eingeborenen seiner Gegend andichten, ferner fliegende Hunde, den Dugong u. a. — Überhaupt liegt der kulturelle Einfluß der Araber, durch den sie sich den Völkern des Abendlandes bekannt gemacht haben, in der Vermittlung von Kultureinfluß und Kenntnissen zwischen den verschiedenen, oft entlegensten Teilen des Orients und dem Abendlande, noch mehr aber in dem wirklich tiefgehenden Verdienst um die Kultur, das darin bestand, daß sie die Reste der antiken Kultur aufbewahrt und weiter entwickelt haben zu einer Zeit, wo das Abendland nicht imstande war, dieses Erbe, das ihm doch in erster Linie zugefallen war, zu hüten. Durch die Vermittlung der Araber also erhielten die wenigen Gelehrten des früheren Mittelalters Kunde von den Erzeugnissen des klassischen Altertums. Aristoteles z. B. wurde lange auf den Universitäten des Mittelalters in lateinischer Bearbeitung nach arabischen Übersetzungen des griechischen Urtextes gelesen, und den arabischen Kommentatoren, Avicenna, Averrhoes und anderen, war es vorbehalten, die erste Anleitung zum Verständnis der Schriften über die Natur zu geben und den

Europäern behilflich zu sein beim Eindringen in die Welt der Erscheinungen, deren Existenz sie ganz vergessen hatten. Dank eben der arabischen Wissenschaft wurden die sogenannten dunklen Jahrhunderte des Mittelalters kulturell fruchtbringend, und als die orientalische Wissenschaft nach kurzer Blütezeit versagte, hatten die Völker des Westens schon den Grund zu einer ganz neuen Kulturentwicklung gelegt.

Kapitel X.

Die biologische Wissenschaft im christlichen Mittelalter.

In einem der vorhergehenden Kapitel wurde die Frage berührt, wie die schon an sich baufällige antike Kultur durch die Völkerwanderung, die das römische Reich sprengte, den Todesstoß erhielt. Das erste politische Anzeichen dafür war die im Jahre 395 erfolgte Teilung des großen Kaiserreiches. Durch diese wurde die ganze damalige Kulturwelt in eine östliche und eine westliche Hälfte geteilt, die wesentlich verschiedenen Schicksalen entgegengingen. Im östlichen Teile bestand die alte Staatsform, die Kaisermacht, noch über ein Jahrtausend, aufrechterhalten durch alte Gewöhnung der Bevölkerung an eine despotische Herrschaft und durch ihre eigentümliche intime Verbindung mit der griechisch-orientalischen Kirche, die in der Tat das vereinigende Band für die buntscheckige Volksmasse bildete, die dem Szepter des oströmischen Kaisers unterworfen war. Die griechische Sprache war hier vorherrschend und die Trägerin einer eigentümlichen Kulturform, der byzantinischen, die eine unglaublich zähe Widerstandskraft gegen andrängende Feinde, die Muhammedaner im Osten, die wilden Scharen der Völkerwanderung im Norden und die Lateiner, wie die Westeuropäer hier genannt wurden, im Westen, zeigte. Dieser beständige Kulturkampf bewirkte, wie stets, eine Neigung zu konservativer Lebensanschauung, und der Wert der byzantinischen Kultur liegt daher eher in ihrem großen Bestreben, die antiken Literaturerzeugnisse zu erhalten, die sie schon aus sprachlichem Interesse zu bewahren trachtete, als in selbständiger, schöpferischer Tätigkeit. Die Hauptstadt des Reiches hatte freilich reiche Bibliotheken und Lehranstalten mit hochentwickelten Lehrmethoden, aber die Studien in ihnen liefen meist hinaus auf theologische Spitzfindigkeiten, Erklärung antiker Verfasser und Geschichtsschreibung; für Naturwissenschaft hatten Konstantinopels Gelehrte wenig Sinn. Dagegen waren die byzantinischen Ärzte als besonders tüchtig bekannt und bewahrten die besten Traditionen der antiken Heilkunde. Ihre Ausbildung war indessen ganz und gar praktisch, medizinische Hoch-

schulbildung hatten sie nicht und waren darum auch meist nur in der Praxis tätig. Die theoretischen Zweige der Medizin haben sie kaum in nennenswerter Weise gefördert. Das beste medizinische Werk aus der byzantinischen Zeit ist im 7. Jahrhundert von Paulus von Aegina verfaßt worden und handelt bloß von praktischer Medizin. Sein chirurgischer Teil wird als besonders vortrefflich gerühmt und ist von großem Einfluß sowohl auf die arabische, als auch auf die abendländische Heilkunst gewesen. — Die byzantinische Macht und Kultur wurden schließlich von den Türken vernichtet. Vor ihrem Untergang hatte diese Kultur jedoch einen wesentlichen Einfluß auf die westeuropäische Bildung ausgeübt und namentlich durch Vermehrung des Wissens über die klassische griechische Kultur den Weg zur großen kulturellen Wiedergeburt gebahnt.

Das weströmische Reich wurde im Gegensatz zu seinem östlichen Nachbarn ganz und gar von den Völkerwanderungsscharen erobert und dadurch in mehrere kleinere Staaten aufgeteilt, deren Grenzen sich immerfort änderten und deren Zustände im Innern sehr unsicher waren. Der einzige von diesen Staaten, der entwicklungsfähig war, war das fränkische Reich, das einst unter Karl dem Großen einen großen Teil des weströmischen Reiches und noch andere Gebiete dazu umfaßte. Nach Karls Tode zerfiel sein Reich und aus seinen Trümmern entstanden nach und nach die heute bestehenden Nationalstaaten Westeuropas. Während der Jahrhunderte der Völkerwanderung gingen sowohl der materielle Wohlstand als auch die geistige Kultur des weströmischen Reiches zugrunde. In Irland fanden die letzten Reste der klassischen Kultur eine Freistatt — dort wurden im 6. und 7. Jahrhundert nicht nur lateinische, sondern auch griechische Schriftsteller gelesen und abgeschrieben, und von hier aus verbreitete sich die Kultur über das von den Angelsachsen eroberte England. Diese beiden Länder standen zur Zeit Karls des Großen kulturell am höchsten und von dort berief der Kaiser die gelehrten Männer, mit deren Hilfe er in seinem Reiche die Kultur förderte und das zustande brachte, was man eine „Renaissance" im Gebiete der klassischen Studien genannt hat. Nach seinem Tode wurde indessen Westeuropa von einer neuen Barbareninvasion heimgesucht, den Wikingerzügen, welche die Kultur gerade dort zerstörten, wo sie bis dahin am höchsten gewesen war, nämlich in Irland, England und Frankreich. Den tiefsten Stand erreichte der Niedergang im Mittelalter eigentlich im 9. und 10. Jahrhundert, gerade zu der Zeit, wo die arabische Kultur am stärksten blühte.

Die Macht, welche in diesen Zeiten des Unglücks die Menschen zu sich zog, war die katholische Kirche. Sie spendete Trost und Hilfe den Geprüften und vermochte Sinnen und Streben der vom Unglück Gebeugten auf ideelle Ziele zu richten. Als einigende Kulturmacht ersetzte sie das Kaisertum, und Rom wurde durch sie noch einmal die Haupt-

stadt der Welt. Während aber die Kirche aufs neue die Kultur belebte, zog sie ihrer Entwicklung andererseits enge Grenzen, indem sie absolute Unterwerfung forderte und nicht nur die Wege vorschrieb, die das religiöse Gefühl wählen durfte, sondern auch von der menschlichen Vernunft verlangte, daß sie die kirchlichen Dogmen und Lehren als bewiesene Tatsachen hinnähme. Diese Satzungen waren von den Kirchenvätern der ersten christlichen Jahrhunderte ausgearbeitet und in Schriften niedergelegt worden, die von Priestern und Mönchen im frühen Mittelalter ohne Auslegungen und Zusätze gelernt und gelehrt wurden. Erst in der zweiten Hälfte des 11. Jahrhunderts erscheint der erste selbständige Theologe des Mittelalters, Anselm von Canterbury, und bald darauf sehen wir auch den Beginn einer freieren Gedankenrichtung, die ausgehend von den unbedeutenden Resten klassischer Literatur, welche damals noch in den Büchereien von Klöstern und Kirchen vorhanden waren, vernunftmäßige Prinzipien für das Denken selbst zu schaffen suchte. Im 12. Jahrhundert gewannen diese vom Franzosen Abailard und seinen Schülern ausgesprochenen Ideen eine weite Verbreitung trotz heftigen Widerstandes von Seiten der Kirche, und nahmen einen noch größeren Aufschwung durch den Einfluß der arabischen Wissenschaft, die durch Gelehrte, welche in Spanien studiert hatten, und durch die direkte Berührung der Kreuzfahrer mit dem Orient bekannt wurde. Auf diesem Wege erst erhielt das Abendland Kunde von den klassischen Größen des Altertums — Platon und Aristoteles, Hippokrates und Galenus und ihren arabischen Kommentatoren und Nachfolgern. Für das Studium dieses Lehrstoffes wurde im 12. Jahrhundert eine Unterrichtseinrichtung von grundlegender Bedeutung für die zukünftige Entwicklung der Wissenschaft ausgebildet — die Universität. Im Altertum gab es nichts, was solchen Vereinigungen von Lehrern und Schülern vergleichbar gewesen wäre; sie entstanden auf kirchlicher Basis. Schon Karl der Große hatte bei gewissen Domkirchen Kathedralschulen einrichten lassen, in denen jüngere Priester theologischen Unterricht erteilten, daneben in Musik und anderen für Geistliche wissenswerten Dingen unterrichteten. In dem Maße, als die Zahl der Schüler anwuchs, wurden mehr Lehrmeister, „Magister", angestellt, die sich zum Schutz gegen die überall herrschende Unsicherheit zu Korporationen vereinigten. Eine solche Vereinigung, „Universitas magistrorum", stand unter der Leitung eines „Rektors" und vertrat zusammen mit ihren nach Nationen eingeteilten Schülern eine für jene Zeiten ganz ansehnliche Macht, der es unter heftigen Kämpfen mit Stadt- und Kirchenbehörden gewöhnlich gelang, sich eine weitgehende Selbstverwaltung zu erobern. Als die Anzahl sowohl der Schüler als auch der Lehrfächer noch mehr wuchs, half man sich durch Spezialisierung nach Fakultäten etwa in der Weise, wie diese Einteilung in der Haupt-

sache heute noch besteht. Der Unterricht erfolgte durch Vorlesungen vom Katheder nach dem Vorbilde der Kirchenpredigt, und diese Methode war auch geeignet, große Scharen von Schülern gleichzeitig zu unterrichten. Die Entstehung von Universitäten führte somit zu einer Demokratisierung der Wissenschaft, wie sie das klassische Altertum nicht gesehen hat, deren hervorragendste Meister sicher nur wenige Dutzend Schüler hatten, während die großen Universitäten des Mittelalters, Paris, Oxford, Leipzig u. a., von Tausenden, ja sogar Zehntausenden von Studenten gleichzeitig besucht wurden. Aber dieser Massenunterricht und die Selbstverwaltung konnten auch ihre Schattenseiten haben. Reaktionäre geistige Strömungen konnten, ebenso wie das Streben nach Aufklärung, auf den Universitäten des Mittelalters die Oberhand gewinnen und taten es auch gelegentlich, so wie auch später freisinnige und reaktionäre Bestrebungen abwechselnd Forschung und Unterricht der Universitäten geleitet haben.

Die Wissenschaft, welche in den mittelalterlichen Schulen und Universitäten gelehrt wurde, die sogenannte Scholastik, wurde, wie gesagt, von den Lehren der Kirche beherrscht. Geistige Strömungen, die sich von ihr unabhängig machten und dafür als ketzerisch verfolgt wurden, stützten sich nicht, wie in unseren Tagen, auf die Naturwissenschaften, sondern bewegten sich ganz und gar auf spekulativem Boden. Die einzige seit den Tagen der Kirchenväter umstrittene Frage über das Verhältnis zwischen Vernunft und Glaube, oder mit anderen Worten das Recht des einzelnen, über die Lehren der Kirche zu urteilen, wurde anfangs von seiten der Universitäten trotz des Widerspruches der Kirche in recht freisinniger Weise beantwortet. Aber im 13. Jahrhundert trat, hervorgerufen durch den Kampf gegen die Ketzerei und durch die Bekämpfer derselben, die Bettelmönchsorden, eine religiöse Reaktion ein, die dahin führte, daß die genannten Mönche es verstanden, sich die Aufsicht über den Universitätsunterricht anzumaßen, zum wenigsten über den der Theologie, der dadurch gezwungen wurde, sich den kirchenpolitischen Bestrebungen anzupassen. Solches geschah merkwürdigerweise gerade zu der Zeit, als eine gründlichere Kenntnis von Aristoteles anfing, nicht nur auf Grund der arabischen Übersetzungen, sondern durch das Studium der griechischen Originalschriften, sich auf den Universitäten zu verbreiten. Die hochkirchlichen Theologen jedoch, die nun die Leitung der Universitäten übernommen hatten, fanden bald heraus, welch trefflichen Bundesgenossen sie in der aristotelischen Philosophie, die sie anfangs als heidnische Verirrung betrachtet hatten, gewinnen konnten. Aristoteles' Auffassung der Erde als Mittelpunkt des Weltalls und zugleich als Wohnsitz aller Unvollkommenheit im Gegensatz zum vollkommenen Himmel ließ sich vortrefflich den Lehren der Kirche

über Sünde und Erlösung anpassen. Sein streng formalistisches Welt- und Gedankengebäude mit seiner überall regierenden Vernunft und Leugnung jeder materiellen Kausalität war, ebenso wie sein konservativer und autoritärer Blick auf das Menschenleben wohl geeignet, als wissenschaftliche Grundlage der hierarchischen Bestrebungen der päpstlichen Macht zu dienen. Und stimmten auch seine Schriften nicht in allen Einzelheiten mit dem offenbarten Worte überein, so konnten die Unstimmigkeiten doch durch den Hinweis auf das Heidentum des Verfassers und seine Unkenntnis des Heilsweges ausgeglichen werden. Auf diese Weise wurde im 13. Jahrhundert in erster Linie von dem hervorragenden Denker der katholischen Kirche, dem heilig gesprochenen Thomas ab Aquino jenes eigentümliche, in seiner Weise vollendet durchgearbeitete Gedankensytem geschaffen, das von jener Kirche seither für das einzig wahre angesehen wird. Nach ihm wird alles Seiende in drei Reiche eingeteilt — in das derNatur, der Gnade und der Seligkeit. Im ersten leben alleMenschen, die letzten beiden sind nur den Gliedern der Kirche zugänglich. Kenntnis des Naturreiches kann daher auch jeder Heide erwerben, und kein Heide hat in dieser Hinsicht tiefer geschaut als Aristoteles, der das Naturreich mit so unübertrefflicher Weisheit ergründet hat. Deshalb kann der christliche Forscher sich, was die Naturerklärung betrifft, getrost auf ihn verlassen und braucht sich um so weniger in dieses Gebiet zu vertiefen, als ihm die Reiche der Gnade und der Seligkeit offenstehen, ersteres hier im Zeitlichen, das letztere in der Ewigkeit. Unter solchen Umständen verwandte der Denker des Mittelalters nicht viel Aufmerksamkeit auf die Naturforschung. Man begnügte sich eben mit Aristoteles' Schriften, die fleißig bis in die kleinsten Einzelheiten kommentiert wurden, ohne daß man daran dachte, ihr Material an Tatsachen zu vermehren. Bezeichnend hierfür ist die bekannte Geschichte, wie die Gelehrten darüber stritten, wieviel Zähne das Pferd nach Aristoteles haben müsse, anstatt selbst einem lebenden Gaul in das Maul zu schauen. Um so aktueller waren die aristotelischen Fragen vom Verhältnis der Ideen zur Wirklichkeit. Hier stritten miteinander die Realisten, die meinten, daß die Ideen vor den Dingen dagewesen wären, mit den Nominialisten, die behaupteten, die Ideen seien bloß in und mit den Dingen. Der ersteren Ansicht wurde zum Schluß offiziell sanktioniert, aber die Gegner gaben sich nicht zufrieden und trugen ihrerseits mit dazu bei, daß gegen das Ende des Mittelalters das Ansehen der hochkirchlichen Philosophie untergraben wurde.

Aus dem früheren Mittelalter finden sich keine biologischen Schriften im eigentlichen Sinne. Denn die in allen Geschichtsbüchern der Zoologie erwähnte Tierbeschreibung, der Physiologus, kann nicht zu dieser Kategorie gezählt werden, da er nur eine Sammlung erbaulicher Erzählungen aus der Tierwelt darstellt, die, aus verschiedenen Quellen zu-

sammengebracht, zu Beispielen in Predigten bestimmt waren. Wahrscheinlich stammt er aus dem späten Altertum, das viele andere solche Tierbeschreibungen besaß, z. B. die oben angeführte von Aelianus. Der Physiologus war eine anonyme, in verschiedenen umredigierten Auflagen erschienene Schrift, die eine erstaunliche Verbreitung hatte — sie war ins Äthiopische, ins Isländische und in die meisten Sprachen innerhalb der Grenzen des christlichen Kulturgebietes übersetzt. Er trieft von phantastischen Geschichten, von denen sich ein Teil bis in unsere Zeit erhalten hat.

Es gab indessen auch im Mittelalter Personen mit offenem Blick für die Natur und mit mehr Interesse für das, was in ihr lebt, als die kirchlichen Legendenskribenten. Ein interessanter Beweis hierfür findet sich erhalten in der Schrift „Physica", die um das Jahr 1150 von der Nonne Hildegard aus Bingen am Rhein verfaßt worden ist. Das Buch enthält Nachrichten über Tiere, Pflanzen und Steine und den Nutzen, den der Mensch aus ihnen ziehen kann. Es ist gemeinfaßlich gehalten und frei von jeglichem gelehrten Apparat und eben deshalb von Interesse als eine Probe der Ansichten, die die Menschen damals von Naturobjekten hatten.

Ein Verfasser ganz anderer Art tritt uns in der Person des berühmten Kaisers Friedrich II. von Hohenstaufen entgegen. Er war, wie bekannt, einer von den merkwürdigsten Herrschern des Mittelalters, Italiener durch seine Erziehung, Halborientale in seinen Sitten und seiner Denkungsart. In seinem süditalienischen Reiche sammelte er um sich Gelehrte aus dem Morgen- und Abendlande, er ließ Aristoteles' Schriften aus dem Griechischen ins Lateinische übersetzen und gründete in Salerno eine medizinische Schule, in der man zum erstenmal wieder menschliche Leichen sezierte seit den Zeiten von Alexandria. Selbst verfaßte er ein Buch, das bis heute erhalten ist, über die Falkenjagd, jenen bekannten Sport, dem sich Fürsten und Edelleute mit Leidenschaft hingaben. Friedrichs Schrift gibt weit mehr als nur eine Jagdlehre. In einer umfangreichen Einleitung berichtet er über die Anatomie der Vögel und stützt sich dabei nicht nur auf Aristoteles' anatomische Schriften, sondern er verbessert auch unrichtige Angaben bei ihm. Ferner schildert er die Lebensgewohnheiten verschiedener Vögel, Wanderungen von Wandervögeln usw. Leider lebte Friedrich in der Periode der kirchlichen Reaktion des 13. Jahrhunderts, und nach seinem Tode vernichteten seine kirchlichen Widersacher das meiste von dem, was er geschaffen. Das Sezieren von Menschenleichen wurde wieder verboten, und die Ärzte mußten sich nach wie vor an die klassischen Autoritäten halten. Die Aristotelesübersetzung, die er durch den Gelehrten Michael Scotus hatte ausführen lassen, war vielleicht das am längsten dauernde Resultat seiner Kulturbestrebungen, denn auf

ihrem Grunde bauten sich insgemein die Studien der Gelehrten des späteren Mittelalters auf.

Unter diesen Forschern des späteren Mittelalters hat wohl keiner einen größeren Ruf gehabt und länger im Gedächtnis des Volkes fortgelebt als Albert von Bollstädt, bei seinen Zeitgenossen und der Nachwelt bekannt unter dem Namen Albertus Magnus (geb. um das Jahr 1200, gest. 1280). Er gehörte einem gräflichen Geschlecht an, aber widmete sich von frühester Jugend an gelehrten Studien und trat darauf dem Dominikanerorden bei, einem der kurz vorher gegründeten Bettelmönchsorden. Der Ruf seines Wissens verbreitete sich früh über das ganze Abendland. Er war eine Zeit Professor in Paris, wurde dann bei einer von den Dominikanern gegründeten Lehranstalt in Köln angestellt und war zum Schluß Bischof in Regensburg. Diese Stellung bekleidete er jedoch nicht lange, sondern kehrte in die Stille des Klosterlebens zurück und widmete sich ganz der Wissenschaft. Seine Lebensaufgabe sah er in der Bearbeitung der Schriften des Aristoteles, die er nur in der obengenannten lateinischen Übersetzung kannte, und im Bemühen, ihre Resultate mit den Lehren der Kirche in Einklang zu bringen. Die meisten seiner zahlreichen Schriften sind theologischen und philosophischen Inhalts; mit den Naturwissenschaften hat er sich meist in einem späteren Lebensabschnitt beschäftigt. Als Naturforscher war er Chemiker. Er ist derjenige, welcher zuerst Arsen rein dargestellt hat. Ferner verdankt man ihm wichtige Entdeckungen hinsichtlich verschiedener Metallverbindungen und das in die chemische Terminologie eingeführte Wort Affinität als Bezeichnung für chemische Verwandtschaft. Als Biologe folgt er Aristoteles, auch wo dieser schon von anderen antiken Forschern verbessert worden ist. Er läßt also die Arterien Luft enthalten, das Gehirn feucht und kalt sein usw. Die Beobachtungen, die er selbst behauptet gemacht zu haben, sind oft ganz phantastisch, aber zeugen gelegentlich von Beobachtungsgabe, die ja auch seine chemischen Forschungen in sehr hohem Maße zeigen. Sein größtes Verdienst aber besteht doch darin, daß er die Menschheit auf Aristoteles' Naturanschauung hingewiesen und dadurch mittelbar das Interesse für die Natur selbst geweckt hat, ein Interesse, das in den folgenden Jahrhunderten Früchte getragen und sich weiter entwickelt hat.

Zeitgenosse von Albertus Magnus und gleich ihm Dominikanermönch war Thomas, genannt Cantimpratensis nach dem Kloster Cantimpré in Frankreich, wo er wirkte. Er war aus Lüttich gebürtig, studierte in Köln unter Albertus' Leitung und wurde schließlich im genannten Kloster Kanonikus. Seine Hauptarbeit „De naturis rerum" war ebenso wie die seines Lehrers eine Bearbeitung der Lehren von Aristoteles und anderen klassischen Verfassern über die Natur. Sie war

eine reichhaltige Sammlung von Nachrichten über wirkliche Tiere und Fabelwesen. Noch mehr als Albertus geneigt, moralische Erzählungen in seine Tierbeschreibungen einzuflechten, verlor er sich mehr in Einzelheiten und war weniger systematisch als sein Lehrmeister.

Ein dritter Zeitgenosse und Ordensbruder dieser beiden war Vincentius Bellovacensis. Gleichfalls genannt nach seinem Kloster Beauvais in Frankreich, war er der Verfasser einer Naturlehre unter dem Titel „Speculum naturae", der Spiegel der Natur. Dieses Werk ist nach verschiedenen Quellen zusammengestellt — der lateinischen Übersetzung des Aristoteles, Plinius und Avicenna, ebenso wie der Bibel und den Kirchenvätern. Noch bunter und weniger übersichtlich als die Werke der vorhergenannten, hat dieses dennoch zu seiner Zeit und während der folgenden Jahrhunderte seinen Einfluß ausgeübt.

Es lohnt sich nicht, noch mehr Beispiele dieser Art von mittelalterlicher Naturbeschreibung — Naturforschung kann so etwas kaum genannt werden — anzuführen, denn die bereits genannten beleuchten zur Genüge ihren Charakter als Bearbeitungen des literarischen Materials früherer Zeiten zum Gebrauch für eine stockkonservative Theologie, die in jenen Jahrhunderten die Wissenschaft beherrschte. Indessen treten auch in dieser Zeit Persönlichkeiten hervor, deren Ideen schon etwas von der geistigen Befreiung spüren lassen, die sich während dieser Jahrhunderte vorbereitete, um in der Zeit der Renaissance alle Hindernisse zu durchbrechen. Ein solcher Mann war der Engländer Roger Bacon (geb. 1214, gest. 1294). Er studierte in Oxford und trat in den Franziskanerorden ein, wo er bald eine angesehene Stellung einnahm. Seine freisinnigen Ansichten schafften ihm übrigens erbitterte Feinde, und einmal wurde er sogar verhaftet und mußte jahrelang unter Bewachung leben, jeder Möglichkeit zum Arbeiten beraubt, bis er wieder befreit wurde. Das Mißtrauen gegen ihn beruhte zu einem nicht geringen Teil auf seinem Interesse für physikalische und chemische Experimente, das ihn in den Ruf eines Zauberers und Schwarzkünstlers brachte. Obgleich er ein geschickter Experimentator mit umfassenden Kenntnissen gewesen zu sein scheint, ist es ihm nicht geglückt, eine wissenschaftliche Entdeckung von einigermaßen epochemachender Bedeutung an seinen Namen zu knüpfen. Seine Größe liegt in seiner allgemeinen Auffassung von der Wissenschaft. Er trat mit Bestimmtheit gegen die spitzfindigen Gedankenkonstruktionen der Scholastiker auf und forderte, daß die Wissenschaft auf die durch Beobachtung von Naturerscheinungen gewonnenen Erfahrungen basiert werde, also eine Methode, welche mit der Naturforschung neuerer Zeiten übereinstimmt.

Mehr aber noch als durch Roger Bacons und einiger seiner Nachfolger theoretische Ausführungen wurde die geistige Befreiung aus den

Banden der Autoritätslehre gefördert durch die erweiterte Kenntnis von der Natur infolge der Entdeckung und Erforschung neuer Länder. In dieser Hinsicht hatten schon die Kreuzzüge eine deutliche Wirkung, mehr aber noch die Nachrichten, die Marco Polo und mehrere seiner Zeitgenossen aus dem Inneren Asiens mitbrachten, und die im 15. Jahrhundert immer weiter sich erstreckenden Reisen der Portugiesen und schließlich die Entdeckung Amerikas. Alle diese geographischen Entdeckungen bereicherten auch die Biologie mit einer Masse neuen Materials, das unmöglich mehr durch das alleinige Studium des Aristoteles bewältigt werden konnte, sondern die Forschung zwang, ihre eigenen Wege zu gehen, und die Forscher, sich auf sich selbst zu verlassen. Besonders die Biologie wurde gezwungen, das reine Bücherstudium, die Methode des Kompilierens und Systematisierens, die für die Wissenschaft des Mittelalters das bezeichnendste Merkmal war, zu verlassen und sich auf die Bearbeitung eigener Beobachtungen und die daraus gewonnenen Ergebnisse zu legen. Aber zu diesem Zweck mußte sie sich freimachen von den Schranken der kirchlichen Autorität des Mittelalters und nahm auf diese Weise Teil an dem großen geistigen Befreiungswerk, dessen verschiedene Erscheinungsformen in der Geschichte unter dem Namen „Renaissance“ zusammengefaßt werden. Im folgenden wird gezeigt werden, in welcher Richtung die Kenntnis von der lebenden Natur sich hernach weiter entwickelte.

Die Geschichte der Biologie während der Renaissancezeit.

Kapitel XI.

Das Ende der mittelalterlichen Wissenschaft.

Die Universalwissenschaft des Mittelalters, die scholastische Philosophie, war, wie schon hervorgehoben, ein in seiner Weise vollendetes Gedankengebäude, errichtet auf dem Boden der unfehlbaren Wahrheit der katholischen Kirchenlehre und streng formalistisch in ihrer auf Aristoteles zurückgehenden Naturauffassung. Sie hat zu ihrer Zeit unzweifelhaft Nutzen gebracht durch die Ausbildung der formellen Seiten des Denkens, aber da ihr die Möglichkeit freier Entwicklung fehlte, mußte sie sich zum Schluß in unfruchtbaren Spitzfindigkeiten verlieren. Die geistige Bewegung, die in der Geschichte die Renaissance genannt wird, wurde deshalb von allen wahrhaft Wissensdurstigen in Europa als eine Befreiung begrüßt. Diese Bewegung ging von Italien aus, wo der Zusammenhang mit dem klassischen Altertum nie ganz unterbrochen gewesen ist, und wo die mittelalterliche Scholastik keine rechte Heimstätte gefunden hat, denn auf den italienischen Hochschulen studierte man im Mittelalter lieber lateinische Redekunst und Medizin als Philosophie. Der Italiener des Mittelalters fühlte sich als der rechte Erbe der alten Römer, und daher war es ganz natürlich, daß hier der kulturelle Aufschwung die Form eines eingehenden Studiums der antiken Literatur annahm, zuerst der römischen, später vor allem der im Mittelalter sonst unbekannten griechischen Verfasser des Altertums, die hier das Interesse absorbierten, das man in anderen Ländern der hochkirchlichen Scholastik widmete. Dieses Studium der alten Klassiker verlieh eine andere, freiere Auffassung vom Dasein, als die mittelalterliche Philosophie es jemals tat, und die Möglichkeit einer reicheren und freieren Entwicklung des Menschenlebens, als es die mittelalterliche Kirche zuließ. Auf diesem Gebiete der allgemeinen Lebensauffassung äußerte auch der große Kulturumschwung in Italien seine tiefste Wirkung, eine Wirkung von Umwälzungen auf den meisten Gebieten der Kunst und Literatur, Politik

und Ökonomie. Auf dem rein wissenschaftlichen Gebiete war wenigstens am Anfang der Umschwung weniger durchgreifend, denn der unbedingte Wahrheitswert, den die Scholastiker den Bekenntnisschriften der Kirche beimaßen, wurde von den Gelehrten der Renaissance, den Humanisten, auf die antiken Verfasser übertragen. Aristoteles stand bei ihnen in, wenn möglich, noch höherem Ansehen als bei den Professoren des Mittelalters, und der Unterschied bestand nur darin, daß man jetzt die Schriften des Meisters im Original besaß und nicht mehr, wie früher, unter Vormundschaft der Kirche auslegte. Auf diesem Wege konnte sich allerdings keine neue Auffassung von der Natur bilden. Aber es fanden sich zum Glück andere Ausgangspunkte für eine solche Entwicklung. Die phantastischen Unendlichkeitsspekulationen der Neuplatoniker bildeten, ebenso wie die alchimistische Experimentalwissenschaft der Araber, die Grundlage für eine Menge Versuche, die Natur unabhängig von den kirchlichen Dogmen und scholastischen Systemen zu erklären. Andererseits veranlaßten die geographischen Entdeckungen, ebenso wie die wiederaufgefundenen Klassiker, Spezialuntersuchungen auf biologischem Gebiete, die über die Ergebnisse von Aristoteles und Galenus hinausführten. Die Renaissance wurde also für die biologische Wissenschaft eine Zeit rastlosen Suchens und Sammelns, dessen Ergebnisse eine spätere Zeit zu einer völligen Umwertung der für Altertum und Mittelalter gemeinsamen Auffassung der Natur benutzte. Es dürfte geeignet sein, mit einer kurzen Übersicht derjenigen neuen naturphilosophischen Spekulationen zu beginnen, die die Renaissance zeitigte, und nachher erst auf die einzelnen Ergebnisse der biologischen Wissenschaft in dieser Periode einzugehen.

Kapitel XII.

Neue Weltanschauungen und eine neue wissenschaftliche Methode.

Schon in der Blütezeit der mittelalterlichen Scholastik fehlte es nicht an ihr feindlichen Bewegungen, deren Repräsentanten teils auf dem Wege der Logik, wie die sogenannten Nominalisten, teils durch die Forderung empirischer Beobachtungen, wie der schon genannte Roger Bacon, das scholastische Gedankengebäude zu Fall zu bringen suchten. Diese Bewegungen hatten sehr oft Berührungspunkte mit dem Mystizismus, der während des ganzen Mittelalters im Gegensatz zu der streng formellen, von der Kirche gelehrten Gottesfurcht, auf eine Verinnerlichung der persönlichen Frömmigkeit hinzuarbeiten suchte. Als in der Folge die Scholastik durch den Klassikerkultus der Humanisten in Mißkredit geraten war, öffnete sich ein weites Feld für eine Philosophie, in der alle schon erwähnten Bestandteile, die theoretische Spekulation, empirische

Beobachtungen, und sowohl christliche als auch spätantike Mystik, als Grundlagen einer neuen Auffassung des Daseins vorhanden waren und aus welcher sich mit der Zeit unsere Anschauung von Natur und Leben entwickelt hat.

Der erste bedeutendere Vertreter dieser neuen Naturbetrachtung war Nicolaus Cusanus. Er nannte sich nach dem Dorfe Kues bei Trier, wo er im Jahre 1401 geboren war. Unterrichtet wurde er in der ausgesprochen mystisch religiösen Vereinigung der „Brüder des gemeinsamen Lebens", und diese Erziehung wurde für seine ganze Gedankenarbeit bestimmend. Er trat früh in den Dienst der Kirche, wo ihm eine glänzende Laufbahn bevorstand. Zuerst als Bischof, sodann als Kardinal war er einer von den nächsten Vertrauensmännern der päpstlichen Macht. Als solcher wirkte er stets im Interesse der Humanität und Aufklärung, indem er gegen Ablaßhandel, Hexenprozesse und anderen kirchlichen Aberglauben eiferte. Er starb 1464 in Italien.

Während seiner mannigfachen Betätigung im praktischen Leben fand Cusanus doch noch Zeit zu Forschungen, die ihn in eine Reihe mit den bahnbrechenden Geistern der Menschheit stellen. Die Probleme, welche er in seinen zahlreichen Schriften behandelt, sind allerdings zum größten Teil theologisch. Er kommt aber im Zusammenhang mit diesen auf das Problem von der Stellung des Menschen im Dasein zu sprechen, und das ist sein wichtigster Beitrag. Auf eine eigentümliche Weise verquickt mit seinen mystischen Spekulationen und aus ihnen hergeleitet treten seine neuen und kühnen Ideen über den Bau des Weltalls und über die Stellung des Menschen in ihm zutage. Ausgehend von dem mystischen Unendlichkeitsbegriff der Neuplatoniker behauptet er, daß das Weltall unmöglich sphärische Form haben kann, wie Aristoteles meint, denn dann könnte stets etwas außerhalb desselben gedacht werden und wir hätten nicht das ganze Weltall. Dieses ist im Gegenteil unendlich und steht über Form und Begrenzung. Die Erdkugel kann folglich auch nicht der Mittelpunkt der Welt sein, denn die Welt hat gar keinen Mittelpunkt; nur der Mensch glaubt der Weltmittelpunkt zu sein, und dasselbe würde er glauben, wenn er sich auf der Sonne oder einem anderen Sterne befände. Cusanus tritt demnach für die Relativität der Sinneseindrücke ein. Diese seine Erkenntnisse führt er zurück auf das, was er „docta ignorantia", die weise Unwissenheit nennt, und womit er die Erkenntnis meint, daß alle Gegensätze, ebenso wie alle Wechselfälle des Seins zum Schluß aufgehen in der höchsten Einheit, die unendlich und unergründlich ist, wie die Gottheit selbst. Diese docta ignorantia hätte Aristoteles gefehlt, und deshalb hätte er an eine begrenzte Welt und absolute Sinneswahrnehmungen geglaubt. Im übrigen wendet Cusanus seine Denkmethode mindestens ebenso oft auf theologische

Haarspaltereien an, z. B. über die wahre Natur der Dreieinigkeit. Während diese aber vergessen sind, steht er mit seiner Naturanschauung da als einer von den bahnbrechenden Denkern an der Schwelle einer neuen Zeit, halb noch mittelalterlicher Mystiker, halb schon moderner Naturforscher. Seine kühnen Ideen scheinen übrigens wenig Aufsehen in den gelehrten Kreisen erregt zu haben — man sah nicht, wie revolutionär sie waren, da er sich nicht mit unserem Sonnensystem im einzelnen beschäftigte und daher die Lehre von der Erde als Mittelpunkt des Bewegungskreises der Sonne nicht direkt angriff. Seine hohe Stellung innerhalb der Kirche schützte ihn sicher auch vor solchen Verfolgungen, die hernach anderen zuteil wurden, welche die Konsequenzen aus seinen Lehren zogen.

Während also die Ideen des Cusanus im Stillen wirkten, weckten die Ansichten, die etwa ein Jahrhundert später von Copernicus ausgesprochen wurden, um so mehr Aufsehen. Geboren 1473 zu Thorn in Polen studierte Nicolaus Copernicus an italienischen Universitäten und wurde zum Schluß Domherr in seiner Vaterstadt, wo er 1543 starb. Schon in der Jugend trieb er eifrig Mathematik und Astronomie und begann damals schon sein Lebenswerk, die Ausarbeitung eines neuen Weltensystems, welches besser als das aristotelisch-ptolomäische zu den vorhandenen Beobachtungen über die Bewegungen der Himmelskörper stimmte. Die Unregelmäßigkeiten in diesen konnten mittels des alten Sonnensystems nicht befriedigend erklärt werden. Copernicus fand eine bessere Erklärungsmöglichkeit darin, daß er entgegen dem unmittelbaren Sinneseindruck die Sonne den Mittelpunkt des Weltsystems einnehmen ließ und der Erde ihren Platz unter den sich bewegenden Planeten anwies, den vormals im alten System die Sonne innegehabt hatte. Im übrigen behielt er das alte System ziemlich unverändert bei — er ließ die Sonne den unverrückbaren Mittelpunkt des Weltalls sein, die Planeten sich in Kreisbahnen um sie drehen und das Ganze von der Fixsternsphäre umgeben sein, wie sie sich schon die Alten gedacht hatten. In der Tat war also seine Theorie weniger umstürzlerisch, als die des Cusanus, erweckte aber, obgleich sie nicht ohne Vorgänger im Altertum war, weit mehr Aufsehen, weil sie dem direkt widersprach, was ein jeder Tag für Tag mit eigenen Augen sehen konnte. Jahrzehnte lang arbeitete Copernicus an seiner Theorie und wagte erst ein Jahr vor seinem Tode ein Buch über sie drucken zu lassen. Dieses weckte ungeheuren Widerspruch. Sowohl Reformatoren wie Jesuiten verdammten seine Lehre, deren Einfluß auf die Wissenschaft anfangs um so geringer war, als die Beweise für ihre Richtigkeit in der Tat noch recht schwach waren. Bald nach seinem Tode wurde indessen ein Denker geboren, der es verstand, seine Ideen mit denen des Cusanus zu vereinigen und dadurch das Weltbild zu schaffen, das im wesentlichsten noch heute gilt.

Giordano Bruno wurde in Nola in Süditalien im Jahre 1548 geboren. Noch jung ging er in ein Kloster, wo es ihm sehr schlecht gefiel. Er wurde bald der Ketzerei verdächtigt und rettete sich durch die Flucht. Danach fand er nirgends eine bleibende Stätte. Exkommuniziert und verfolgt in der katholischen Welt, fand er auch in den protestantischen Ländern, die er besuchte, keine Ruhe. Heimgekehrt nach Italien fiel er der Inquisition in die Hände und wurde nach mehrjähriger Kerkerhaft als Ketzer verurteilt und im Jahre 1600 verbrannt.

In zahlreichen Vorlesungen, Disputationen und Druckschriften verkündete er in den von ihm besuchten Ländern die neue Lehre, die ihm zum Schluß das Leben kostete. Er ging aus von Cusanus' Ideen über die Unendlichkeit, Lucretius' Atomlehre und Copernicus' Sonnensystem. Auf den Gedanken dieser baute er mit einer Originalität weiter, die ihm zu einem der größten Denker aller Zeiten macht, trotz der vielen Schwärmerei und Mystik, womit er gleich anderen Philosophen der Renaissancezeit seine Spekulationen belastet. Mit Cusanus, aber noch stärker als dieser, betont Bruno die Subjektivität der Sinneswahrnehmungen — bewegt sich der Mensch, so folgt mit ihm der Horizont, woraus man schließen müsse, daß es keinen absoluten Weltmittelpunkt gäbe. Im Gegenteil fordern sowohl die Vernunft, als auch der Glaube eine unendliche Welt, so unendlich wie die Gottheit selbst. Und ebenso wie die Sinneseindrücke, wären auch Ort, Bewegung und Zeit relativ und abhängig von dem Platz im Weltall, von wo die Beobachtung geschieht. — Ebenso wenig könne Aristoteles' Behauptung, es gäbe absolut schwere und absolut leichte Körper, richtig sein. Daher hätte man auch keinen Grund, an dem alten Glauben festzuhalten, daß die Planeten und Fixsterne an die Erde umgebenden Sphären befestigt wären. Sie bewegten sich im Gegenteil frei und aus innerer Kraft auf eigenen Bahnen im Weltraum. Und ebenso unrichtig, wie das Weltsystem des Aristoteles sei auch seine Lehre von der Materie als Möglichkeit im Gegensatz zu der aus der göttlichen Vernunft stammenden Form. Die Materie sei statt dessen in allem das Wesentliche, das „göttliche Wesen", woraus sich alles entwickelt. Die Atomlehre des Lucretius und die Phantasien der Neuplatoniker vereinigen sich bei Bruno zu einem zwar mystisch unklaren aber großartig phantasiereichen Weltbilde als einer Einheit — eins mit der Gottheit und eins mit sich selbst — einer Vereinigung aller der Gegensätze, die der menschliche Gedanke ausgeklügelt. Es dürfte zu weit führen, im einzelnen auf diese Ideen einzugehen, zumal Bruno eigentlich keine rein biologischen Fragen berührt. Seine weltgeschichtliche Bedeutung liegt darin, daß er zum erstenmal das Weltbild, das später dasjenige der modernen Naturforschung wurde, entworfen oder besser gesagt vorausgeahnt hatte. Sein Einfluß war groß und überdauerte lange Zeiträume.

Während also Bruno auf kosmologischem Gebiet bahnbrechend für die neue Naturwissenschaft wurde, leistete auf dem Gebiete der reinen Denkgesetze Francis Bacon (1561—1626) die gleiche Pionierarbeit. Sein Leben, Wirken und Ende unterschieden sich in jeder Hinsicht von den Schicksalen Brunos. Ihnen beiden gemeinsam waren jedoch die Unruhe und das suchende Forschen nach vielen Richtungen, jenes Kennzeichen der Renaissance. In England geboren als Sohn fein gebildeter Eltern erhielt Bacon eine gründliche Bildung, verlor aber früh seinen Vater und hatte trotz glänzender Begabung, guter Kenntnisse und rücksichtslosen Ehrgeizes nur wenig Erfolg in seiner Beamtenlaufbahn. Erst in höherem Alter erhielt er einflußreichere Stellungen und war zum Schluß Lordkanzler unter Jakob I, dem er zu schmeicheln wußte, wurde aber bald abgesetzt, für Unterschleife im Dienst verurteilt und verlebte seine letzten Jahre in stiller Zurückgezogenheit.

Früh schon hatte Bacon den Plan zu einer großen Reform des menschlichen Wissens entworfen. Diese sollte in einem Werk von mächtigem Umfang unter dem Titel „Instauratio magna" durchgeführt werden. Bacon gelang es jedoch während seines unruhigen Lebens nicht, seinen großen Vorsatz auch nur annähernd auszuführen — die „große Reform" blieb ein Fragment, dessen zwei erste, am besten durchgearbeitete Teile heißen: „Über Wert und Entwicklung der Wissenschaften" und „Die neue Methode". Besonders der zweite Teil ist es, auf dem Bacons Ruhm begründet ist. Sein Titel bedeutet eine direkte Auflehnung gegen Aristoteles, dessen Methodenlehre, „Organon", Bacon durch seine neue ersetzen will. Bacons „Organon" ist in der Form einer Aphorismensammlung geschrieben und bestimmt, von verschiedenen Seiten die Gebrechen der traditionellen Denkmethode und die Vorzüge der neuen Lehre vom Denken, die jene ersetzen sollte, zu beleuchten. Die Schwächen der aristotelischen Philosophie werden in scharfen und schonungslosen Sätzen kritisiert — unter ihrer Leitung wäre der menschliche Gedanke auf Irrwege geleitet worden, die in vier verschiedene Kategorien geteilt, als die Irrungen des Geschlechtes, der Höhle, des Marktes und des Theaters bezeichnet werden. Mit Irrungen des Geschlechtes meint er solche, die in der Menschennatur begründet sind, die Neigung der Menschen, die Naturerscheinungen nach menschlichen Vorbildern zu erklären. Irrungen der Höhle sind des Menschen individuelle Neigung, nach seinem persönlichen Ich zu urteilen, als säße er in einer Höhle und schaute aus ihr die Dinge in einseitiger Beleuchtung. Irrungen des Marktes sind solche, die durch das Zusammenleben der Menschen entstehen, besonders durch den verwirrenden Einfluß des Wortes, der überlieferten Bezeichnungen, auf die Auffassung von den Dingen. Die Irrungen des Theaters schließlich nehmen die Sinne gefangen durch die Macht der Tradition, die Theorien und den Unterricht der

Philosophenschulen. Die Kritik, die er bei weiterer Entwicklung dieser Prinzipien gegen die Philosophie seiner Zeit richtet, ist in vielen Fällen außerordentlich scharf und kann auch für alle Zeiten gelten. So warnt er eifrig vor dem naheliegenden Bestreben, die Naturerscheinungen als einfache mechanische Konstruktionen, wie sie der Mensch selbst zusammensetzt und auseinandernimmt, anzusehen. Die Natur sei im Gegenteil äußerst kompliziert, und man habe sich davor zu achten, daß man dem Gang ihrer Ereignisse denselben Grad von Ordnung und Regelmäßigkeit zuschreibt, wie ihn der Mensch für sich anstrebt. Daher kommen solche Irrtümer, wie der, daß die Bahnen der Himmelskörper durchaus kreisförmig wären, weil der Kreis die regelmäßigste Figur sei. Dem künstlichen und falschen Bilde, das sich die alte Philosophie durch derartige Gedankenkonstruktionen von der Natur gemacht hatte, stellt Bacon die wahre Naturwissenschaft gegenüber, die durch Beobachtung und Experiment ihre Erfahrung sammelt. Der Mensch besiegt die Natur, indem er ihren Gesetzen gehorcht, und er lernt sie kennen, indem er die richtigen Fragen an sie stellt. Auf diese Weise wird die richtige wissenschaftliche Methode gewonnen, die durch genaue Beobachtung der Einzelheiten im Dasein und Zusammenfassung derselben die allgemeinen Naturgesetze erforscht. Bacon hegte die allergrößten Hoffnungen hinsichtlich des Wertes derjenigen Naturforschung, die er so ins Leben rufen wollte, und hörte während seines ganzen langen Lebens nicht auf, sich mit leidenschaftlicher Begeisterung in den Gedanken zu vertiefen, wie außerordentlich großer Lebenswert dem Menschengeist aus der eingehenden Kenntnis des wahren Wesens der Natur würde zuteil werden. Solche Kenntnisse sollte man künftig mittels eines ein für allemal gegebenen schematischen Verfahrens, gleich anwendbar für hoch und niedrig in der Welt des Gedankens, erlangen können. Dieser Kunst des Schlußfolgerns auf Grund des zeitlichen Aufeinanderfolgens der Ereignisse, ihres Seins und Nichtseins und ihrer Zahlenverhältnisse legte Bacon einen Wert bei, den sie nicht besaß, und wandte sie zudem noch in einer Weise an, die zu reinen Absurditäten führte. Seine Kenntnis der Natur war außerdem beschränkt und nicht frei von Vorurteilen. Er war z.B. ein Gegner von Copernicus, und die von ihm angeordneten Experimente waren äußerst kindisch. Außerdem war er kein Methematiker, und es fehlte ihm darum die Kunst, mit den bindenden Schlüssen dieser Wissenschaft zu operieren. Trotzdem sind Bacons Verdienste um die Entwicklung der Naturwissenschaft ungewöhnlich groß — in erster Linie durch seine Arbeit als Kritiker. Es wurde wiederholt darauf hingewiesen, welch unbegrenzte Ehrfurcht man während der Renaissancezeit für antike Kultur im allgemeinen und in der Wissenschaft besonders für Aristoteles hegte. Gegen diese kritiklose Nachahmung, die alle weiteren Entwicklungsmöglichkeiten zu ersticken drohte, trat

Bacon mit all der Schärfe auf, deren er fähig war. Er räumte mit aller Achtung vor der antiken Kultur auf, die nach seiner Ansicht nur zu leeren Wortgefechten und zum geistigen Verfall geführt hatte, und hebt hervor, daß die antiken Völker eigentlich nur Kinder im Vergleich mit seinen Zeitgenossen gewesen wären. Diese besäßen weit mehr von der Erfahrung, welche für ihn die einzige Grundlage des Wissens bildete. Und gerade in diesem seinem Hinweis auf die Erfahrung als die einzige Quelle alles Wissens liegt sein zweites großes Verdienst um die Wissenschaft und besonders die Naturwissenschaft. Klarer als sonst jemand von seinen Zeitgenossen begriff er die Notwendigkeit der Erwerbung weiterer Kenntnisse von der Natur durch Sammeln von Beobachtungen über ihre Objekte und von Erfahrungen über die in ihr wirkenden Kräfte, und wenn er auch selbst erst nur in ungeschickter Weise seine Ideen in Taten umzusetzen verstand, so wirkten jene doch schon durch die ihnen innewohnende Beweiskraft bis in die neuesten Zeiten, ja sogar in unseren Tagen hat ein so bahnbrechender Forscher auf dem Gebiete der Erblichkeit, wie Johannsen, offen erklärt, daß ihm Bacons Organon zu einem klareren Verständnis von Zielen und Mitteln der Naturforschung verholfen habe. Und es ist gewiß kein Zufall, daß gerade Bacons Vaterland während des großen Aufschwunges in der Entwicklung der Biologie die Leitung übernehmen konnte.

Was Bacon in dieser Weise theoretisch eingesehen und gefordert hatte, wurde unabhängig von ihm durch Galilei, den Schöpfer der modernen Physik und Astronomie, in der Tat verwirklicht, der somit auch der Begründer der ganzen modernen Naturforschung und ihrer von der aristotelischen so grundverschiedenen Auffassung der Naturereignisse wurde.

Galileo Galilei wurde 1664 in Pisa geboren, wo sein Vater eine angesehene Stellung hatte. Schon früh zeigte sich seine Begabung für Mathematik und Mechanik, doch studierte er in Pisa anfangs Medizin und ging später erst auf Mathematik über, in der er, noch jung an Jahren, Professor wurde, zuerst in Pisa, dann in Padua. In der letztgenannten Stadt wirkte er 18 Jahre lang als Lehrer mit so großartigem Erfolge, daß die Universität zum Schluß keinen genügend großen Saal hatte, um alle seine Zuhörer aufzunehmen. Noch glänzender als seine Lehrtätigkeit waren die Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Arbeiten. Besonders nachdem er sich ein Fernrohr gebaut und damit begonnen hatte, die Himmelskörper zu studieren, folgten seine Entdeckungen Schlag auf Schlag — die Kugelgestalt des Mondes, die Trabanten des Jupiter, die Sonnenflecken, die Phasen der Venus und des Merkur. Aber alle diese neuen Tatsachen paßten gar nicht mehr in das alte aristotelisch-ptolomäische Weltbild, und Galilei schloß sich schon früh den Ansichten

von Copernicus und Bruno über den Bau des Universums an. Seiner großen Berühmtheit verdankte er die glänzende Stellung eines herzoglich mediceischen Hofastronomen in Florenz mit hohem Gehalt und ohne Amtspflichten. Der Umstand jedoch, daß er nach dem Austritt aus dem Dienst der Republik Venedig unter den Einfluß der Macht der römischen Kirche geriet, wurde für ihn um so gefährlicher, als seine neuen Entdeckungen unerhörten Unwillen in jenen Kreisen hervorriefen, die Giordano Bruno verurteilt hatten, und weil er selbst als scharfer Polemiker seine Feinde nicht zu schonen pflegte. Allgemein bekannt ist ja sein Ende, wie er wegen eines „Dialoges“ über das Sonnensystem von der Inquisition angeklagt und unter Androhung der Todesstrafe veranlaßt wurde, öffentlich seinen „kopernikanischen Irrtum“ abzuschwören, und daß er von da ab bis zu seinem Tode im Jahre 1642 unter Bewachung gehalten wurde.

Galileis grundlegende Bedeutung als Naturforscher beruht nicht allein auf seinen Entdeckungen, so epochemachend diese auch sein mögen. In noch höherem Grade hat er sich verdient gemacht durch die prinzipielle Grundlage, die er der modernen Naturforschung verlieh. Aristoteles baute, wie wir wissen, seine Weltanschauung auf dem Gegensatz zwischen Form und Materie auf, wobei die Form als die Verwirklichung der Entwicklungsmöglichkeiten der Materie galt, die um so durchgreifender war, je vollendeter die Form. Die Himmelskörper mit ihren regelmäßigen Bewegungen waren also formvollendeter, als die Erde mit ihren vielen Unregelmäßigkeiten, und außerhalb der Himmelssphären befindet sich die Welt der reinen Formen, Gott, Urgrund aller Formen und Ursache allen Geschehens in der Welt. Mit diesem System brach Galilei schon durch seine Entdeckungen, denn nach Aristoteles war der Himmel als der unveränderlichen Gottheit am nächsten stehend selbst unveränderlich regelmäßig in seinen Bewegungen. Galilei fand nun eine ganze Reihe von Unregelmäßigkeiten: die Sonnenflecke, die Jupitermonde, und verschiedenes andere, was das neuerfundene Fernrohr zutage förderte, bewies, daß der Himmel keine solche Heimstätte der Vollkommenheit und Regelmäßigkeit war, wie behauptet wurde. Dagegen zeigten die Bewegungsphänomene hier auf der Erde eine Regelmäßigkeit, von der die Alten keine Ahnung gehabt hatten. Galilei experimentierte mit dem freien Fall der Körper, mit Pendelbewegungen, mit Bewegungen auf schiefer Ebene, und fand in allen diesen Erscheinungen das Verhältnis zwischen Gewicht, Zeit und Geschwindigkeit so mathematisch regelmäßig, daß er es in der Form eines Lehrsatzes gleich den alten, von Euklides formulierten Lehrsätzen der Geometrie ausdrücken konnte. Jedoch gerade durch diese Vereinigung von naturwissenschaftlichem Experiment und mathematischer Berechnung schuf er, wie er selbst sagt, eine neue Wissenschaft. An Stelle der leitenden Vernunft bei Aristoteles,

die in der Tat bloß ein Ausdruck für die eigene des spekulierenden Philosophen war, d. h. seine zumeist aus rein menschlich-kulturellen Verhältnissen hergeleitete Kunst des Schlußfolgerns, findet Galilei für die Bewegungserscheinungen auf der Erde ein allgemeines Gesetz, das mit mathematischer Notwendigkeit wirkt und dessen Äußerungen unter gegebenen Voraussetzungen vorherberechnet werden können, ebenso wie man früher schon den regelmäßigen Lauf der „göttlichen" Himmelskörper hatte berechnen können. Ein für irdische Dinge und Himmelskörper gemeinsames Bewegungsgesetz vermochte freilich Galilei nicht zu finden — das gab uns Newton in seinem Gravitationsgesetz —, aber Galilei gab das Prinzip der naturwissenschaftlichen Behandlung irdischer Geschehnisse, welches er im folgenden Satz ausspricht: „zu messen, was man messen kann, und meßbar zu machen, was man nicht messen kann". Er sucht für alles, was geschieht, eine mechanische Ursache, eine Kraft, welche die Dinge in Bewegung versetzt. Sich auf Gott als Ursache von Naturerscheinungen zu berufen, ist nach seiner Meinung belanglos, da man aus Gottes Willen alles mögliche herleiten kann, weil keine Notwendigkeit dem zugrunde liegt. Die Naturwissenschaft hat es nach Galilei nur mit der Vergleichung materieller Dinge untereinander zu tun, nicht aber mit übernatürlichen Dingen, und die Natur ist selbst ein Wunder, auch wenn ihre Erscheinungen natürlich zu erklären sind. In der Tat ist die Schwere bloß die Bezeichnung für etwas, das wir nicht kennen, denn wir wissen nicht, was den Stein zur Erde zieht. Galilei ist sich darüber klar, daß es auch nicht lohnt, zu fragen, was die Naturkräfte sind. Der Forscher kann nur ihre Wirkung studieren.

Eine solche völlige Neugestaltung der Ziele und Mittel der Naturwissenschaft, wie sie Galilei durchführte, konnte sich natürlich nicht mit einem Male durchsetzen. Er selbst wurde nicht nur das Opfer kirchlicher Unduldsamkeit, sondern auch der abergläubischen Verehrung der Renaissance für die antike Kultur und ihre wissenschaftliche Autorität, Aristoteles. Und es dauerte in der Tat noch ein ganzes Jahrhundert, bis der Aristotelismus auf allen Gebieten des menschlichen Wissens von den Ideen verdrängt war, die den Grund unserer heutigen Wissenschaft bilden. Zur Besiegung des naturwissenschaftlichen Aristotelismus war es nötig, daß das ganze Denksystem des Aristoteles überwunden wurde, was erst im 17. Jahrhundert durch die großen systematischen Denker, Descartes, Spinoza, Leibniz, geschah, wie wir weiterhin sehen werden. Wir wenden uns nun zu einer Übersicht dessen, was die Renaissanceperiode in rein biologischer Forschung, sowohl rein beschreibend, als auch theoretisch geleistet hat.

Kapitel XIII.

Beschreibende biologische Forschung zur Renaissancezeit.

1. Zoographen.

Die erste Betätigung der Renaissanceforschung auf biologischem Gebiete war entsprechend der allgemeinen Richtung jener Zeit rein philologisch. Man gab neue Auflagen der Werke von Aristoteles, Hippokrates, Galenus und anderen antiken Naturforschern heraus, man kommentierte ihre Sprache und suchte ihren Inhalt zu ermitteln. Unterdessen zwang die historische Entwicklung selbst die gelehrte Welt zu selbstständiger Arbeit sogar mit Bezug auf Naturobjekte. Die mitteleuropäische Tier- und Pflanzenwelt war den antiken Forschern höchst unvollkommen bekannt gewesen und ihre Angaben forderten vielfach sachliche Ergänzungen, was zu selbständiger Arbeit nötigte. Noch mehr aber wurde diese nötig, als die großen geographischen Entdeckungsreisen die Menschheit mit der völlig neuen und außerordentlich reichen Natur der Tropen bekannt machten. Alle diese Umstände trugen dazu bei, eine reiche Literatur rein beschreibender Art, sowohl zoologischen, als auch botanischen Inhalts hervorzurufen, die durch die Buchdruckerkunst eine Verbreitung erfuhren, wie sie den biologischen Werken im Altertum nie zuteil geworden war. Ferner machten die zusammen mit der Buchdruckerei erfundenen Methoden der Vervielfältigung von Bildern, der Holzschnitt und der Kupferstich, es zum ersten Male möglich, die wissenschaftliche Literatur mit Illustrationen zu versehen, deren Bedeutung als Mittel zur Erweiterung des menschlichen Wissens erst klar wird, wenn wir uns vorstellen, was sie heute bedeuten und was die Folge wäre, wenn die moderne Wissenschaft ihrer entraten müßte. Eine Schilderung einiger hervorragender Vertreter dieses Zweiges der biologischen Wissenschaft der Renaissance wird uns eine Vorstellung davon geben, in welcher Hinsicht sie die Wissenschaft gefördert haben. Hier sollen einstweilen nur die zoologischen Forschungsresultate dieser Periode behandelt werden; die botanischen sollen zweckmäßiger in einem späteren Kapitel über die Geschichte der biologischen Systematik ihren Platz finden.

In der Hauptsache noch auf dem mittelalterlichen Standpunkt steht Edward Wotton (1492—1555). Er war der Sohn eines Universitätsdieners in Oxford, studierte in seiner Vaterstadt Medizin und wurde Arzt mit einer großen Praxis. Sein Interesse für die Natur hat ihn zur Abfassung einer großen Arbeit „De differentiis animalium“ veranlaßt. In dieser Arbeit zeigt er sich als ein treuer Anhänger von Aristoteles, dessen Beispiel er sowohl auf systematischem, als auch auf anatomischem Gebiete folgt. Seine Einteilung des Tierreiches ist dieselbe, wie bei Aristoteles

in Bluttiere und Blutlose, lebend gebärende und eierlegende Vierfüßer usw. Doch übt er soweit an seinem klassischen Vorgänger Kritik, daß er nicht ohne Vorbehalt jene Mengen von Fabeltieren auftischt, aber andererseits weiß er nichts von den vielen neuen Tierformen zu sagen, welche die Entdeckungsreisenden in seinem Jahrhundert heimbrachten und die bei seinen Zeitgenossen, gebildeten und ungebildeten, ein allallgemeines Interesse erweckten. Dagegen hat er zahlreiche Angaben über Heilmittel, die man aus Tieren gewinnen kann. Als gründlicher Kenner von Aristoteles und Vertreter seiner Ideen übte er einen nicht geringen Einfluß auf seine Zeitgenossen aus, in erster Linie auf den Mann, der der hervorragendste Vertreter der Tierbeschreibung in der Renaissancezeit wurde, nämlich Gesner.

Konrad Gesner wurde 1516 in Zürich in einem protestantischen Handwerkerhause geboren. Sein Vater fiel 1531 in der berühmten Schlacht bei Cappel, wo Zürichs Bürgerwehr unter dem Reformator Zwingli von den Katholiken niedergemacht wurde. Der junge Konrad, den man früh in eine gelehrte Schule gegeben hatte, war nun zwar ohne väterlichen Schutz, aber sein großer Fleiß verschaffte ihm Freunde, die seine Studien in Basel, Paris und Montpellier bezahlten. Er studierte an diesen Hochschulen so verschiedene Fächer, wie klassische und orientalische Sprachen, Naturwisschaft und Medizin, und erwarb überhaupt jenen hohen Grad von Vielseitigkeit in den Kenntnissen, der in der Renaissancezeit besonders geschätzt und bewundert wurde. Nachdem er eine zeitlang Professor in Lausanne gewesen war, wurde er als erster Stadtarzt nach Zürich berufen, wo er dieses mäßig besoldete Amt bis zu seinem Tode inne hatte. Er starb an einer schweren Seuche, die im Jahre 1665 die Stadt verheerte, also in seinem 50. Jahre. Still und anspruchslos wie er war, hatte er doch stets mit ökonomischen Schwierigkeiten zu kämpfen, die ihn zwangen, seine Kräfte durch schlecht bezahlte Schriftstellerei zu zersplittern. Sein Fleiß war wunderbar. Er gab klassische Autoren heraus und versah sie mit Kommentaren, schrieb Wörterbücher, verfaßte u. a. ein Lexikon der klassischen Literatur, das zu seiner Zeit vorzüglich gewesen sein soll, und trieb populär-medizinische Schriftstellerei. Daneben fand er Zeit zu wissenschaftlichen sowohl als auch zu Vergnügungsreisen — er war einer von den allerersten, die sich für Bergbesteigungen interessierten, und hatte Sinn für die Schönheit der Alpennatur — und hatte dazu noch Ruhe und Muße, eine der größten biologischen Arbeiten aller Zeiten auszuführen.

Gesners „Historia animalium" umfaßt vier gewaltige Foliobände mit zusammen ungefähr 3500 Seiten. Die Tiere sind nach Aristoteles' Prinzip eingeteilt. Der erste Teil handelt von den lebendig gebärenden und eierlegenden Vierfüßern, der zweite von den Vögeln, der dritte von

den Fischen und der vierte, der nach dem Tode des Verfassers erschien, von Schlangen und Insekten. In jedem Teile werden die Tiere nach dem Beispiel von Plinius eines nach dem anderen beschrieben, jedoch mit weit mehr auf Erfahrung begründeter Sachkenntnis und Quellenkritik. Die Tiere sind alphabetisch geordnet, „um den Gebrauch des Werkes zu erleichtern", dabei werden aber doch verwandte Formen unter einer Rubrik vereinigt, z. B. alle Rinder unter Bos, alle Affen unter Simia usw. Jede Tierform wird in acht mit den entsprechenden Buchstaben des Alphabetes bezeichneten Abschnitten behandelt, welche enthalten: a) den Namen des Tieres in verschiedenen Sprachen, b) seine Heimat und sein Vorkommen nebst der Beschreibung äußerer und innerer Teile; c) „die natürliche Tätigkeit des Körpers", d) die Seeleneigenschaften, e) die Verwendbarkeit des Tieres für den Menschen im allgemeinen, f) seine Brauchbarkeit als Nahrungsmittel, g) seine Anwendung in der Medizin, h) poetische und philosophische Gedanken über das Tier, Anekdoten und Gleichnisse verschiedener Verfasser dasselbe betreffend. Durch diesen seinen enzyklopädischen Charakter, der dem Leser die Orientierung überall erleichtert, erinnert das Werk in der Tat mehr an Plinius als an Aristoteles. Wie bei Plinius, so sucht man auch bei Gesner vergebens nach einer Vorstellung von dem Zusammenhang in der lebenden Natur, nach einem Vergleich der verschiedenen Lebensformen hinsichtlich ihrer Organe oder Funktionen. Gesner übertrifft indessen Plinius bedeutend an Gelehrsamkeit; hat er doch die ganze zwischen ihnen liegende Literatur zur Verfügung und beherrscht sie vollkommen, ferner an Sinn für das Formale und bis zu einem gewissen Grade an Kritik. Freilich kommt auch er mit einem Haufen Märchen über wunderbare Tiere, aber er besitzt doch nicht jenen unbegrenzten Glauben an das Wunderbare, wie der alte Römer. Vor allem aber hat er über eigene Forschungsresultate zu berichten, denn er studierte nicht nur Bücher sondern auch das Leben. Er sammelte fleißig Beobachtungen an Tieren, sowohl eigene als auch fremde, die er von anderen Gelehrten, mit denen er korrespondierte, erhielt. Seine bahnbrechendste Neuerung ist jedoch die Einführung der Abbildung als Mittel zur Veranschaulichung der biologischen Darstellung. Er wollte möglichst jede Tierbeschreibung mit einer Abbildung ausgestattet sehen, um dem Leser einen klaren Begriff vom Tiere zu geben, und scheute weder Mühe, noch Kosten, wenn es galt, einen möglichst guten Holzschnitt anzuschaffen. Seine Mitarbeiter auf diesem Gebiete waren hervorragende Künstler, und er berichtet selbst, daß das Bild des Nashorns von keinem geringeren als Albrecht Dürer verfertigt ist. Trotz aller seiner Schwächen ist Gesners Historia animalium jedenfalls das hervorragendste, rein zoologische Werk der Renaissance, und seine Bedeutung für die Wissenschaft der Folgezeit war groß.

Etwas jünger als Gesner und zum Teil sein Schüler war ein anderer sehr hervorragender Zoologe der Renaissancezeit, Ulisse Aldrovandi. Er wurde zu Bologna 1522 in einer angesehenen Bürgerfamilie geboren und sollte sich zum Kaufmann ausbilden. Die Arbeit im Kontor gefiel ihm jedoch nicht und er fing an zu studieren, zuerst Jura in seiner Vaterstadt, dann Philosophie in Padua und Rom. Im Alter von 30 Jahren wurde er Doktor der Medizin und bald darauf im Jahre 1560 Professor in Bologna, wo er 40 Jahre lang wirkte und fast 80 Jahre alt seinen Abschied nahm. Als Professor las er meist Pharmakologie und gründete als Hilfsmittel für seine Vorlesungen einen botanischen Garten. Hierdurch geriet er in einen so schweren Konflikt mit den Apothekern in Bologna, die behaupteten, er züchte seine Medizinalgewächse zum Schaden ihrer Privilegien, daß der Papst schließlich selbst als Schiedsrichter eingreifen mußte. Aldrovandi war überhaupt ein Mann, der ganz für seine Wissenschaft lebte. Er opferte sein Vermögen, um Naturobjekte zu sammeln, und veranlaßte die hervorragendsten Künstler, sie abzubilden. Die Regierung von Bologna verdoppelte zum Dank dafür sein Gehalt und erhielt als Gegengabe testamentarisch seine Sammlungen und seine Bibliothek.

An Fleiß und Arbeitskraft glich Aldrovandi Gesner, da er aber länger lebte und unter günstigeren Bedingungen arbeiten konnte, gelangte er sehr viel weiter. Seine gesammelten naturhistorischen Arbeiten füllen 14 große Foliobände und die Universität Bologna besitzt noch eine Menge ungedruckter Manuskripte von seiner Hand. Selbst veröffentlichte er zu seinen Lebzeiten nur 4 Bände über Vögel. Das übrige wurde von seinen Freunden und Schülern nach seinem Tode veröffentlicht, nämlich die anderen Tiergruppen, die Pflanzen und Steine. Diese späteren Bände scheinen jedoch von anderen stark umgearbeitet zu sein, und man sollte Aldrovandi nur danach beurteilen, was er selbst publiziert hat. Sein Vorgänger war überall Gesner, dessen Werk er fleißig benutzte und dieser Umstand muß bei der Beurteilung seiner Arbeit ausschlaggebend sein. Er steht nämlich keineswegs überall über Gesner. Er ist weit weniger kritisch, wie er überhaupt an formaler Begabung nachsteht. Er mischt in seinen Beschreibungen so viel Verschiedenes, daß einer seiner hervorragendsten Nachfolger, Buffon, Grund hatte zu sagen, nur der zehnte Teil vom ganzen Aldrovandi bliebe nach, wollte man alles Unnötige und Unwahre aus seinen Schriften entfernen. Andererseits ist sein Bildermaterial und die ganze Drucklegung besser als bei Gesner, und er zeigt doch wenigstens Ansätze zu einer Systematik. Die Vögel werden in gewisse Gruppen geteilt: zuerst die Raubvögel, dann die wilden und die zahmen Hühnervögel, die als „pulveratrices“, d. h. die im Sande Badenden bezeichnet werden, ferner die Tauben und Sperlinge, welche sowohl im

Wasser als auch im Sand baden, die beerenfressenden und die insektenfressenden Singvögel, zum Schluß die Wasservögel. Auch die Anatomie, besonders die Osteologie, wird berücksichtigt, und schließlich erwähnt er eine größere Anzahl exotischer, bis dahin unbekannter Formen als Gesner. So hat denn auch er in seiner Weise zum Fortschritt der Biologie beigetragen, und wenn auch die Worte, die ein zeitgenössischer Künstler unter sein Bild setzte, er sei zwar nicht in seinem Aussehen, wohl aber in seiner Begabung Aristoteles gleich, ein viel zu starkes Lob enthalten, so hat sein Werk doch einen großen Einfluß gehabt und wurde erst im 18. Jahrhundert durch Buffons große Tierbeschreibung in den Schatten gestellt.

Neben diesen Beschreibungen der ganzen damals bekannten Tierwelt verdienen hier die Arbeiten einiger Forscher genannt zu werden, welche einzelne Tiergruppen monographisch bearbeitet haben. Die besten unter diesen Monographien zeugen in der Tat weit mehr als die großen Sammelwerke von selbständiger Forschung und eigenen Ideen. Sie beweisen am besten die Fähigkeit der Renaissancewissenschaft zu selbständiger Beobachtung und Bearbeitung von Naturobjekten.

Guillaume Rondelet wurde 1507 zu Montpellier in Südfrankreich geboren, wo er auch später als Professor gewirkt hat. Er studierte in Paris Medizin und widmete sich der ärztlichen Praxis, zuerst in seiner Vaterstadt, dann als Leibarzt eines vornehmen Herrn, den er auf seinen Reisen in Italien begleitete, wo er mit dem damals noch jungen Aldrovandi zusammentraf. Als Professor richtete er in seiner Vaterstadt einen Anatomiesaal ein, konnte aber nicht lange als Lehrer wirken, da er schon im Jahre 1556 starb. Seinen Ruf als Biologe verdankt er seinem Werk „De piscibus marinis". In dieser Arbeit beschreibt und bildet er die ihm bekannten Wassertiere ab, denn zu den Fischen rechnet er nicht nur Robben und Wale, sondern auch Krebstiere, Weichtiere, Stachelhäuter, Würmer und andere wirbellose Meerestiere. Mit besonderer Sorgfalt studiert er Wale, Fische und Tintenfische. Von diesen behauptet er, eine große Menge seziert zu haben, und gibt auch etliche richtige Schilderungen von Einzelheiten, bisweilen sogar im Widerspruch mit der großen Autorität des Aristoteles. Er vergleicht auch soweit möglich dasselbe Organ bei verschiedenen Fischen und berichtet gewissenhaft über verschiedene von ihm beobachtete Kiefer- und Zahnformen, Kiemen usw. Diese vergleichenden Betrachtungen scheitern jedoch meist an der Unmöglichkeit des Auffindens von Ähnlichkeiten zwischen den von ihm beschriebenen Formen der Wirbeltiere und Wirbellosen. Auch seine systematischen Versuche sind sehr primitiv. Er unterscheidet zwischen Knorpelfischen und Knochenfischen, die er wiederum in „platte" und „hohe" Fische teilt. Die Wale behandelt er jedoch besonders. Einen Artbegriff

in modernem Sinne kennt er ebenso wenig wie Gesner und Aldrovandi und muß daher, gleich diesen, die Schilderung jeder Form damit beginnen, daß er so viele Namen als möglich von ihr angibt. Dagegen vermeidet er meistenteils die unnützen gelehrten Floskeln, mit denen die erwähnten Verfasser von Sammelwerken ihre Schilderungen zu überladen pflegten, und schon dadurch macht sein Werk den Eindruck größerer Exaktheit. Freilich bildet auch er wunderliche Wesen ab, die von anderen gesehen worden sein sollen, z. B. einen Fisch mit „dem Aussehen eines Bischofs", aber er tut es mit Vorbehalt bezüglich des Sinnlosen in solchen Berichten.

Neben Rondelet ist ferner ein jüngerer Landsmann von ihm, Pierre Belon, zu nennen, ein Mann mit in vieler Hinsicht großen Zukunftsgedanken. Er wurde in der Nähe von Le Mans im mittleren Frankreich im Jahre 1517 als Sohn armer Eltern geboren. Der örtliche Bischof erkannte seine Begabung und trug die Kosten seines medizinischen Studiums in Paris. In der Folge unternahm er eine Studienreise nach Deutschland. Nach Frankreich zurückgekehrt, erhielt er von seinem vornehmen Gönner die Mittel zu einer noch größeren Reise durch Griechenland, die Türkei, Syrien und Ägypten. Überall sammelte er fleißig Material und Notizen nicht nur naturwissenschaftlicher, sondern auch archäologischer und ethnographischer Art. Nach Beendigung dieser Reise ließ er sich in Paris nieder, wo er vom Könige Heinrich II. eine Pension bezog. Er wurde im Jahre 1564 von einem Straßenräuber ermordet. Die Zeit seiner wissenschaftlichen Schriftstellerei war also kurz, wenig länger als ein Jahrzehnt, aber in dieser Zeit hat er Ideen von großer Tragweite für die Zukunft niedergeschrieben. Seine Zeitgenossen schätzten ihn sehr, und sein Freund, der berühmte Dichter Ronsard, hat ihn sogar besungen.

Wie Rondelet, so studierte auch Belon Meerestiere und gab zwei Monographien heraus: „L'histoire naturelle des estranges poissons marins" und „La nature et diversités des poissons". Den Begriff „Fische" faßte er noch weiter als Rondelet, indem er nicht nur Wale, Robben, Krebstiere, Weichtiere und Aktinien, sondern auch das Nilpferd, den Biber und den Otter unter den Fischen beschreibt. Wenn nun auch alle diese Tiere von einem rechtgläubigen Katholiken als Fische bezeichnet werden konnten, weil die Kirche ihren Genuß während der Fastenzeit gestattete, so ist es doch völlig unverständlich, warum er das Chamäleon und die Eidechse Uromastix in sein Buch aufgenommen hat, die doch als Wüstentiere mit dem Wasser gar nichts zu schaffen haben. Demnach läßt also die äußere Umgrenzung des Stoffes manches zu wünschen übrig, aber dafür war Belon bestrebt, innerhalb der Gruppe der eigentlichen Fische eine systematische Einteilung zu schaffen, die nicht nur auf äußeren, sondern auch auf inneren anatomischen Merkmalen beruhte.

Knorpel- und Knochenskelett, eierlegen und lebendig gebären sind Einteilungsgründe, die noch heute gelten, und seine Systematik macht einen moderneren Eindruck als die von Rondelet. Es kommen auch in Belons Arbeiten Ansätze zu vergleichend anatomischen Untersuchungen verschiedener Formen vor. Es ist jedoch schwer zu entscheiden, in welchem Grade er von seinem Vorgänger beeinflußt worden ist, zumal ihre Arbeiten fast gleichzeitig erschienen. Infolge seiner Reisen konnte er viele orientalische Tierformen beschreiben, die im Abendlande bis dahin unbekannt gewesen waren.

Den Arbeiten über Fische weit überlegen war Belons zweites Hauptwerk „Histoire des oyseaux". In dieser Arbeit beschreibt und bildet er alle Vögel ab, die er kennt, indem er sie nach Bau und Lebensgewohnheiten in Gruppen teilt wie die folgenden: Raubvögel, Strandvögel, am Boden nistende, auf Bäumen nistende, Allesfresser und Kleinvögel, letztere eingeteilt in Insektenfresser und Körnerfresser. Die einzelnen Formen werden durch eine geringe Zahl von Namen in lateinischer, griechischer und französischer Sprache gekennzeichnet, denn Belon verschmäht es, nach Gesners Art seine Sprachkenntnis zu zeigen. Zeugt schon dieser Versuch einer Systematik von Belons Beobachtungsgabe, so erkennen wir diese noch deutlicher in der Aufmerksamkeit, die er der Morphologie und Anatomie der einzelnen Formen widmet. Der Bau der Schnäbel und Krallen wird eingehend studiert und bei verschiedenen Formen verglichen. In der gleichen Weise behandelt er die anatomischen Verhältnisse. Am bemerkenswertesten ist indessen der im ersten Buche dieser Arbeit durchgeführte eingehende Vergleich zwischen dem Skelett eines Menschen und dem eines Vogels in Wort und Bild. Das Vogelskelett wird dabei in einer Stellung gezeichnet, die derjenigen des menschlichen in seiner natürlichen Lage entspricht. Freilich stimmt dieser Vergleich nicht in allen Einzelheiten, das Schlüsselbein des Menschen wird z. B. mit dem Coracoid des Vogels homologisiert, aber wir sehen hier in jedem Fall den ersten Versuch einer vergleichend anatomischen Untersuchung. Diese von Belon ausgehende Anregung blieb allerdings lange unbeachtet, und erst zwei Jahrhunderte später wurde sie von Buffon wieder aufgenommen, um schließlich von Cuvier zu einem der wichtigsten Forschungsgebiete der Biologie erweitert zu werden. Der Umstand, daß die beiden letztgenannten Forscher Landsleute von Belon waren, spricht wohl dafür, daß sein Wirken auf diesem Gebiete nicht spurlos vorübergegangen ist.

2. Anatomen.

Daß demnach die Zeit der vergleichenden Anatomie noch nicht angebrochen war, beruhte gewiß darauf, daß die rein beschreibende Ana-

tomie noch vollauf zu tun hatte. Die Renaissance hatte hier, wie auf anderen Gebieten, das Erbe der großen Anatomen des Altertums, unter denen Galenus die erste Autorität war, übernommen. Galenus wurde fast Aristoteles gleichgestellt und von den mehr philologisch als biologisch gebildeten Ärzten der Renaissance mit ebenso unbegrenzter Ehrfurcht studiert. Übrigens bedurften nicht nur die Ärzte anatomische Kenntnisse, sondern auch die durch die Bewunderung des Altertums emporgekommene Kunst forderte eingehendes Studium des menschlichen Körperbaues. Unter den Pionieren auf diesem Gebiete muß in erster Linie das große Universalgenie Leonardo da Vinci genannt werden (1452—1519).

Leonardo war Florentiner und erhielt seine Bildung in der Vaterstadt, die ja eigentlich der Ausgangspunkt der Renaissancekultur war. Er bildete sich gleichzeitig zum Künstler und Mechaniker aus, da diese Berufe dazumal oft vereinigt waren. Später führte er ein wechselvolles Leben, war an vielen Orten in Italien tätig und beschloß seine Tage am französischen Königshofe. Seinen Weltruhm verdankt er seinen bahnbrechenden Leistungen in der Malerei. Hier bestand seine wesentlichste Reform in der Einführung eines genauen Studiums der menschlichen Anatomie. Er zeichnete für seine Schüler eine Menge bis jetzt erhaltener anatomischer Figuren und veröffentlichte eine Arbeit über die Proportionen des Körpers. Doch nicht bloß den Menschen studierte er, sondern es interessierten ihn auch alle möglichen Naturobjekte und Naturphänomene. Eine Menge loser Entwürfe, die er nie zu etwas Ganzem vereinigt hatte und die erst in unserer Zeit gedruckt worden sind, enthalten seine Beobachtungen und Reflexionen auf, kurz gesagt, allen Gebieten des menschlichen Wissens. Er studierte nicht nur die Anatomie des Menschen, sondern verglich dasselbe Organ bei verschiedenen Lebewesen, er stellte Beobachtungen über optische Sinneseindrücke an, er studierte den Bau verschiedener Erdschichten und erklärte, im Gegensatz zu Aristoteles, aber in Übereinstimmung mit Xenophanes, die Fossilien für Tierreste. Er tritt überall als Gegner auf nicht bloß der scholastischen Traditionen, sondern auch der der Renaissance eigenen sklavischen Bewunderung des Altertums. Nicht die klassischen Autoren, sondern die Erfahrung sollte die Quelle des menschlichen Wissens werden. Leider waren seine Spekulationen nur fragmentarisch und wurden deshalb auch nicht gedruckt. Da man erst viel später begann, sie genau zu studieren, ist die Wirkung Leonardos auf den Entwicklungsgang der Wissenschaft nur eine indirekte gewesen durch den Eindruck seiner Persönlichkeit und seiner Kunstwerke. Das von ihm begonnene Studium der menschlichen Anatomie wurde von anderen Renaissancekünstlern fortgesetzt und beeinflußte so die allgemeine Kultur. Auch blieb sie sicher nicht ohne Einfluß auf den Aufschwung der medizinischen Anatomie im 16. Jahrhundert.

Die medizinische Wissenschaft unterlag dem Einfluß der Renaissance zu Anfang genau so wie alle anderen Zweige des menschlichen Wissens — man kehrte von den Autoritäten des Mittelalters zurück zu denen des Altertums. Man legte Wert auf die Kenntnis der klassischen Sprachen, man verachtete tief das barbarische Latein der Professoren des Mittelalters und bildete seinen Stil nach dem Muster der besten römischen und griechischen Schriftsteller. Die schlechten, nach arabischen Übersetzungen hergestellten Bearbeitungen der antiken medizinischen Verfasser wurden natürlich abgeschafft und durch genaue, textkritisch bearbeitete und mit Kommentaren versehene Ausgaben von Hippokrates, Celsus und Galenus ersetzt, die durch die Buchdruckerkunst auf allen Universitäten verbreitet wurden. Einer von den glänzendsten und typischsten Medizinern der Renaissance war Jacob Sylvius in Paris. Geboren 1478 trieb er schon früh klassische Sprachstudien, studierte nicht nur Latein und Griechisch, sondern auch Hebräisch, war ein vorzüglicher Stilist und schrieb Arbeiten über die französische Grammatik. Erst im Alter von fast 50 Jahren machte er sich an die Medizin, nämlich an das Studium und die Auslegung der klassischen medizinischen Literatur. In formvollendet glänzenden Vorlesungen trug er den Pariser Studenten Galenus' Lehren vor, die in seinen Augen unfehlbar, „gottvoll" und unübertrefflich waren. Diese Vorlesungen waren eigentlich Übungen in klassischer Beredsamkeit — an empirische Forschung wurde dabei nicht gedacht. Der praktische Unterricht beharrte in jeder Hinsicht auf der Stufe, die er im Mittelalter erreicht hatte. Gegenüber dem Altertum hatte das Mittelalter in der Tat Fortschritte gemacht. Schon in der Mitte des 13. Jahrhunderts hatte man an den italienischen Universitäten mit dem Sezieren von Menschenleichen begonnen, und der vorurteilsfreie Kaiser Friedrich II. veranlaßte die obligatorische Teilnahme der Mediziner und Chirurgen an den Sektionsübungen. Auf den Universitäten zu Salerno, Bologna und Padua wurden sie offiziell angezeigt und sollten, wenn möglich, regelmäßig abgehalten werden. Dabei hätte man auf Galenus verzichten können, denn er hatte ja, wie wir wissen, nie eine Menschenleiche seziert, und seine anatomischen Angaben waren höchst unsicher und irreführend. Das geschah aber nicht — dazu war im Mittelalter der Respekt vor Autoritäten, namentlich vor den klassischen, zu groß. Zudem waren die anatomischen Studien noch durch den Antagonismus zwischen Ärzten und Chirurgen erschwert. Die Herren der medizinischen Fakultät betrieben ihre Studien bloß auf literarischer und spekulativer Grundlage und verachteten die Chirurgen als eine Handwerkerzunft. Bei den Sektionen führte stets ein Chirurg das Messer, während der Professor mit einem Stäbchen in der Hand auf das Bloßgelegte hinwies und es demonstrierte. Die Resultate einer solchen gemein-

samen Arbeit waren auch recht primitiv. Die Instrumente und Handgriffe des Chirurgen waren die denkbar einfachsten; mit dem Messer — selten verstand man sich auf die Anwendung von Säge, Meißel, Sonde und Kanüle — wurden Bauch- und Brusthöhle der Leiche geöffnet und die Eingeweide zum Beschauen ausgebreitet. Darauf sollten eigentlich Muskeln, Nerven und Blutgefäße herauspräpariert werden, doch fiel das gewöhnlich dem Präparierenden zu schwer und interessierte auch die Studenten nicht, die recht bald abschwanden, sofern der Akt nicht mit einer Professorendisputation schloß. Die Professoren der philosophischen Fakultät nämlich, die gewöhnlich dazu eingeladen wurden, pflegten Galenus auf Grund der Autorität von Aristoteles anzugreifen, und die anwesenden Mediziner verteidigten mutig ihren Galenus. Die Meinungsverschiedenheiten zwischen diesen beiden großen Autoritäten des Altertums konnten bis in die Unendlichkeit ausgesponnen werden und führten zu den ärgsten Haarspaltereien. So verlief das anatomische Studium noch im 16. Jahrhundert und folglich konnte von ihm nichts zur Förderung der Entwicklung der Biologie erwartet werden. Da trat ein Mann auf, der die anatomische Forschung plötzlich in ganz neue Bahnen leitete, völlig neue Arbeitsmethoden schuf und dadurch eine neue Epoche in der Geschichte dieser Wissenschaft einleitete.

Andreas Vesalius wurde im Jahre 1514 oder 1515 zu Brüssel in einer Familie geboren, die sich nach ihrem Stammort Wesel in der Rheinprovinz nannte und bereits in mehreren Generationen den ärztlichen Beruf ausgeübt hatte. Er wählte denselben Beruf und bereitete sich durch fleißige Schularbeit zu demselben vor. Da jedoch der Unterricht in den Schulen jener Zeit ausschließlich humanistisch war, konnte der junge Vesalius sein Bedürfnis nach biologischem Wissen nur auf eigene Hand befriedigen, indem er alte anatomische Werke aus der Familienbibliothek studierte und verschiedene Arten von Tieren sezierte, die er sich selbst zu verschaffen wußte. 18 Jahre alt begab er sich nach Paris, um ernstlich Medizin zu studieren. Doch dort herrschte der oben genannte Sylvius und seine klassisch-philologische Unterrichtsmethode. Vesalius war wieder auf sich selbst hingewiesen und seine Willenskraft ließ ihn einen eigenen Weg finden. Er sammelte Knochen auf den Richtplätzen und fuhr fort, Tiere zu sezieren. Bald hatte er es bei Lehrern und Studenten zu solchem Ansehen gebracht, daß er aufgefordert wurde, anstatt des Chirurgen die öffentlichen Sektionen auszuführen. Diesen Auftrag führte er so aus, daß er nicht bloß die Eingeweide der Leiche, sondern auch Muskeln, Nerven, Blutgefäße und Knochen demonstrierte. Nach 3 Jahren verließ er Paris, arbeitete eine kurze Zeit zu Hause, in der es ihm gelang, aus vom Galgen gestohlenen Knochen ein vollständiges Skelett zusammenzusetzen, und reiste dann nach Italien. In

Venedig war zu dieser Zeit das Interesse für Medizin besonders groß, und hier wuchs er so an Wissen und Ansehen, daß er unmittelbar nach seiner Promotion im Alter von 22 Jahren zum Professor in Padua ernannt wurde, nachdem er nur 4 Jahre studiert hatte. Ein besseres Arbeitsfeld hätte er sich nicht wünschen können. Eine aufgeklärte Regierung, ein interessierter Hörerkreis und ein hochgebildetes Publikum förderte in gleicher Weise seine Bestrebungen. Aber Vesalius übertraf auch alle Erwartungen. Sein Eifer für die Wissenschaft war rastlos und seine Begeisterung für den Unterricht unerschöpflich. Zu seinen Sektionen versammelten sich bis zu 500 Zuhörer trotz der nach den Begriffen jener Zeit unerhörten Anforderungen, die er an sein Auditorium stellte, indem er es 3 Wochen lang vom Morgen bis zum Abend beschäftigte. Die Sektionen, die stets im Winter abgehalten wurden, um das Faulen des Materials zu verhindern, begannen mit einer Demonstration des Skelettes, dessen Knochen genau studiert wurden. Darauf wurden die Muskeln, Blutgefäße und Nerven der Leiche präpariert und zum Schluß an einer anderen Leiche die Eingeweide der Bauch- und Brusthöhle und das Gehirn. Die meiste Arbeit bei den Sektionen wurde von Vesalius selbst ausgeführt, wobei ihm Studenten assistierten. Chirurgen, die sonst eine so wichtige Rolle spielten, hatten hier nichts zu tun. Es kam eine Menge von neuen Instrumenten zur Anwendung, zu denen Vesalius teils selbst die Modelle erfunden hatte, teils den verschiedenen Handwerkern entlehnte, deren Werkstuben er besuchte, um technische Handgriffe zu lernen.

Bei seinen Demonstrationen folgte Vesalius anfangs getreulich Galenus, für den er von Jugend auf eine große Ehrfurcht hegte. Bald erkannte er jedoch, daß Galenus' Beobachtungen unvollständig, seine Darstellung unklar und widersprechend war. Je fleißiger Vesalius sezierte, desto mehr empfand er das Bedürfnis, seine anatomischen Beobachtungen in zusammengefaßter Form im Druck zu veröffentlichen und ohne Rücksicht auf irgendwelche Autoritäten den Bau des menschlichen Körpers so zu beschreiben, wie er in Wirklichkeit beschaffen ist. Auf diese Weise entstanden seine beiden großen literarischen Werke: „De humani corporis fabrica", ein großer Folioband von über 700 Seiten und ein Kompendium dazu, „Epitome", von 31 Seiten, beide mit zahlreichen Bildern hervorragender Künstler nach Vesalius' Originalpräparaten. Sie erschienen im Jahre 1543 in Basel, wo Vesalius, der Urlaub genommen hatte, selbst weilte, um den Druck zu überwachen. Durch diese beiden Werke schuf Vesalius die moderne anatomische Wissenschaft. Sie machten schon auf seine Zeitgenossen einen unerhörten Eindruck. Die Anhänger von Galenus gerieten außer sich, namentlich Vesalius' alter Lehrer Sylvius. Es wurden zahlreiche polemische Schriften gegen den gefährlichen Neuerer gerichtet, und die Wut der Gegner

kann man noch heute aus den polemischen Methoden ersehen, die sie anwendeten. Nicht genug damit, daß sie Vesalius' Arbeiten für völlig wertlos erklärten, überhäuften sie seine Persönlichkeit mit den gemeinsten und dummsten Beschuldigungen — er sei gottlos, sei gierig, habe gleich den alexandrinischen Anatomen lebende Menschen seziert (die Sentimentalität gegenüber Tieren war damals noch nicht so groß, daß es sich lohnte, ihm die Tiervivisektionen vorzuwerfen, die er in der Tat ausgeführt hat); ja sogar noch nach seinem Tode verfolgte man sein Andenken, besonders in Frankreich, wo Galenus' Anhänger noch ein Jahrhundert lang unumschränkt herrschten. Die Zeit friedlicher Arbeit war nun offenbar für Vesalius vorüber. Ein Jahr nach dem Erscheinen seiner Schriften sehen wir, daß er seine Professur verlassen und eine Stellung als Hofarzt bei Kaiser Karl V. angenommen hat. Was ihn zu diesem Schritt veranlaßt hat, ist nicht bekannt. Man hat vermutet, er wollte sich nach Beendigung seines großen anatomischen Werkes der praktischen Medizin zuwenden, doch dazu hätte er in Padua ebenso gut Gelegenheit gehabt. Wahrscheinlicher ist es, daß er im Hofdienst des mächtigsten Monarchen der Welt Schutz vor den Verfolgungen seiner Feinde zu finden hoffte, und außerdem waren etliche seiner Vorfahren Hofärzte gewesen. Er folgte seinem körperlich schwächlichen, aber geistig unermüdlich tätigen Herrn auf dessen zahlreichen Reisen durch verschiedene Länder Europas, wobei er nicht viel Zeit zur Fortsetzung seiner Forschungen fand. Dennoch gab er im Jahre 1555 eine neue, verbesserte Auflage seines großen Werkes heraus, in der er seine Verläumder kräftig zurechtweist. Nach Karls Thronentsagung kam er an den Hof seines Sohnes, Philipps II., dessen weltbekannter Obskurantismus seinen persönlichen Dienern die geringst-mögliche Gelegenheit zur Entwicklung freier Gedanken gab. Acht Jahre später sehen wir dann auch, daß Vesalius den Hof verlassen hat. 1664 ist er in Venedig in der Hoffnung, wie es scheint, seine frühere Professur wiederzuerlangen, die damals unbesetzt war. In Erwartung derselben machte er eine Reise im Orient, besuchte als Pilger Jerusalem und kehrte nie ins Abendland zurück. Was die Ursache dieser Reise war, weiß man nicht, und auch nicht, wie er endete. So verschwand einer der größten Gelehrten der neueren Zeit ins Unbekannte.

Das große anatomische Werk von Vesalius zeigt dieselbe Anordnung, die der Verfasser bei seinen Sektionen einhielt. Es wird zuerst das Knochengerüst behandelt, dann Muskeln, Blutgefäße und Nerven, ferner die Organe der Bauch- und Brusthöhle und zum Schluß wird in einem Kapitel über die Methode der Vivisektion berichtet. In seinen allgemeinen Anschauungen steht Vesalius noch ganz auf dem antiken Standpunkt. Seine Einteilung der Bestandteile des Körpers in einfache und zusammengesetzte ist von Aristoteles entlehnt, ebenso das meiste

von seinen physiologischen Vorstellungen, wie das „Kochen“ der Nahrung im Magensack, der Zweck der Atmung — die Abkühlung des Blutes, die Entstehung des Embryos aus dem Samen des Vaters und dem Menstrualblut der Mutter. Von Galenus, den er stets verehrt hat, stammt seine allgemeine Auffassung von den Zusammenhängen im Seienden und den sie beherrschenden Ursachen — den Menschenkörper hat der Schöpfer sich zu Ehren und dem Menschen zum Nutzen so vollkommen als möglich geschaffen; jeder Teil ist zur Erfüllung seines Zweckes so geschaffen wie er ist. Auch in verschiedenen Einzelheiten steht er noch auf Galenus' Standpunkt, besonders in der Frage hinsichtlich des Blutkreislaufes. Er schildert zwar ausgiebig den Bau des Herzens, verharrt aber bezüglich des Verhaltens von Herz und Leber zum Blutgefäßsystem auf dem alten traditionellen Standpunkt. Vesalius' Größe liegt im Gebiet der Methode und Technik. Hier hat er den Grund zur Entwicklung der modernen Anatomie gelegt. Der größte Teil der Technik, die täglich in unseren Anatomiesälen geübt wird, stammt von ihm — die Instrumente, die er abbildet, sind im ganzen schon dieselben, wie sie jetzt gebraucht werden, und die meisten von ihnen hat er in die Sektionspraxis eingeführt. Die Reihenfolge beim Unterricht ist heute noch dieselbe wie in seinem Werk, die Skelette, an denen demonstriert wird, sind nach seiner Methode montiert, und die Tafeln zur Veranschaulichung beim Unterricht sind im ganzen nur verbesserte Auflagen der seinigen. Damit ist aber seine Größe noch nicht erschöpft. Fast auf jedem Gebiete der menschlichen Anatomie hat er bedeutende Entdeckungen gemacht und noch mehr alte Irrtümer berichtigt. Alles, was er in dieser Hinsicht geleistet hat, hier aufzuzählen, wäre unmöglich. Einigen Begriff davon bekommt man durch den Vergleich seiner Abbildung des Skelettes mit dem, was ein beliebiger unter seinen Vorgängern in dieser Hinsicht geleistet hat. Fügt man hierzu noch eine meisterliche, zugleich exakte und phantasiereiche Kunst der Darstellung, ausgezeichnet durch ihre große Übersichtlichkeit bei dem Reichtum an Einzelschilderungen, so muß jeder unparteiische Beurteiler anerkennen, daß er trotz des Mangels an originellen Ideen einer der größten Biologen aller Zeiten war.

Vesalius' Einfluß auf die Entwicklung der Anatomie kam in erster Linie Italien zugute. In Frankreich bewahrten die Anhänger des Galenus noch lange die Autorität ihres Meisters. In Deutschland wurde das Interesse für Naturforschung immer mehr durch die endlosen Glaubenskämpfe unterdrückt. Italien dagegen wurde, dank der durch die Sezierübungen des Vesalius in Padua gegebenen Anregung im ganzen folgenden Jahrhundert Pflanzstätte der anatomischen Studien. Die Schüler von Vesalius folgten dem Beispiel des Lehrers und vollendeten sein Werk durch vertiefte Detailforschung. Sein Prosektor und Nachfolger in Padua,

Realdo Colombo (Geburtsjahr unbekannt, starb 1559), studierte besonders das Gehörorgan und die Blutgefäße der Lungen. Seine Ergebnisse veröffentlichte er in seiner Arbeit „De re anatomica", in welcher er sich zwar als einsichtsvoller Anatom, aber als wenig sympathische Persönlichkeit zeigt, voll Eitelkeit und Übermut, der sich nicht wenig gegen seinen früheren Lehrer richtet. Er wurde übrigens bald auf ein anderes Feld der Tätigkeit berufen und sein Nachfolger in Padua wurde ein Mann mit edleren Eigenschaften, Gabriele Falloppio. Geboren 1523 verlebte Falloppio seine Jugend in Armut, stand eine zeitlang im Dienste der Kirche, hatte aber dann die Möglichkeit, in Padua Anatomie zu studieren, vermutlich zu der Zeit, wo Vesalius Professor war. Seine Laufbahn begann ebenso zeitig wie die von Vesalius. Mit 24 Jahren war er schon Professor in Ferrara und wurde von dort nach Padua berufen, wo ihn die Regierung auf jede Weise unterstützte. Er folgte den Traditionen des Vesalius und sammelte um sich einen großen Hörerkreis. Außerdem hatte er eine große Praxis als Arzt. Leider war sein Wirken nur kurz, denn er starb in seinem 40. Lebensjahr. Zu Lebzeiten gab er nur eine kleine, aber inhaltsreiche Arbeit, „Observationes anatomicae", heraus, in deren Einleitung er mit tiefster Ehrfurcht von seinem Lehrer Vesalius und größter Bescheidenheit von seinen eigenen Beobtungen redet. Diese sind aber doch in gewisser Hinsicht von grundlegender Bedeutung. Besonders hat er die Kenntnis von den Geschlechtsorganen erweitert, trägt ja doch die Tuba Fallopii seinen Namen, und die Kenntnis vom Knochensystem und vom Bau des Gehörorgans hat er wesentlich vertieft. Aber auch auf den meisten anderen Gebieten der Anatomie des Menschen hat er eingreifende Entdeckungen gemacht. Außerdem betätigte er sich auch auf anderen Gebieten der Heilkunde, doch wurden seine hier gewonnenen Resultate erst nach seinem Tode veröffentlicht.

Falloppios Lehrstuhl, den, wie gesagt, Vesalius zurückzuerhalten hoffte, übernahm nach seinem Tode noch ein in seinem Fache bahnbrechender Forscher, Girolamo Fabrizio, zum Unterschied vom deutschen Anatomen Fabricius, seinem Zeitgenossen, gewöhnlich nach seinem Geburtsort Fabricius ab Aquapendente genannt. Geboren 1537, studierte er bei Falloppio, war dessen Prosektor und trat seine Professur im Jahre 1565 an. Im Gegensatz zu seinem berühmten Vorgänger erfreute er sich eines langen Lebens und starb im Jahre 1619, nachdem er 10 Jahre Emeritus gewesen war. Außer Anatomie trug er auch Chirurgie vor und erhob dieses bisher verachtete Handwerk zum Rang einer Wissenschaft, in der er selbst in praktischer Hinsicht vorzügliches leistete. Seinen durch die Praxis erworbenen großen Reichtum verwendete er freigebig zur Hebung der Wissenschaft. Auch die venetianische Regierung unter-

stützte zu seiner Zeit freigebig die anatomische Forschung, indem sie einen stattlichen Anatomiesaal bauen ließ und die darin Angestellten reichlich besoldete.

Fabrizio war ein sehr produktiver Forscher, jedoch mehr qualitativ, als quantitativ. Seine Vorgänger hatten sich ausschließlich mit menschlicher Anatomie beschäftigt, und die Ansätze zu vergleichend anatomischer Forschung, die anderswo, z. B. von Pierre Belon, gemacht waren, waren ziemlich spurlos vorbeigegangen. Fabrizio nahm die vergleichende Forschungsmethode, die eigentlich seit Aristoteles niemand mit selbstständigem Erfolge geübt hatte, wieder auf und entwickelte sie weiter auf einem der wichtigsten Gebiete der Biologie, nämlich in der Embryologie. Seine Abhandlungen über die Entwicklung des Eies und des Embryos geben klare und bündige, von guten Abbildungen begleitete Beschreibungen der embryonalen Entwicklung bei einer großen Anzahl von Wirbeltieren — Vögeln und Kriechtieren, Säugetieren und Haien. Die Anatomie des Embryos, Form und Vorkommen von Plazenta und Keimhüllen wird geschildert unter Hervorhebung von Ähnlichkeiten und Unähnlichkeiten bei den verschiedenen Tierformen und Beibringung eines reichen Materials an bisher nicht bekannten Tatsachen, deren Aufzählung im einzelnen hier zu weit führen würde. Dieselbe vergleichende Methode wendet Fabrizio auch auf einigen anderen Gebieten der Biologie an. So schildert er die Bewegungen der Tiere vom vergleichenden Standpunkt aus, und ebenso studiert er die Stimmen der Tiere, wobei er einen interessanten Versuch zu einer Tierpsychologie, sicher den ersten dieser Art, zum Besten gibt. Unter seinen rein anatomischen Arbeiten sind die Untersuchungen über den Bau des Ohres, des Auges und des Kehlkopfes bemerkenswert. Von größerer Bedeutung für spätere Zeiten war jedoch ein drei Seiten langer Aufsatz über die Venenklappen, die er auf dem Wege des Experimentes, durch Unterbindung von Extremitäten lebender Menschen zum Zweck des Aderlassens, entdeckt hätte und nachher gründlich hinsichtlich ihres Baues und ihrer Verbreitung studierte. Trotz dieser epochemachenden Entdeckung, die so deutlich der Theorie des Galenus über den Blutkreislauf widersprach, konnte er selbst sich doch nicht von ihr frei machen. Er ließ seine Entdeckung fallen, und einem seiner Schüler, dem Engländer Harvey, war es vorbehalten, aus ihr eine richtige Auffassung des Blutkreislaufes abzuleiten.

Fabrizio war der letzte in der Reihe großer Anatomen, wie sie außer Padua kaum eine andere Universität in so ununterbrochener Folge aufzuweisen hat. Neben diesen hatte Italien im 17. Jahrhundert noch eine Anzahl hervorragender Spezialforscher auf dem Gebiete der Anatomie, von denen wir hier, entsprechend dem Rahmen unseres Buches, nur einige wenige herausgreifen wollen als Beispiele für den Eifer, mit

dem die anatomische Forschung in dem Lande betrieben wurde, wo Vesalius das Interesse dafür geweckt hatte.

Bartolommeo Eustacchi war ein Forscher mit vielen Interessen und großer Einsicht, der jedoch wegen ungünstiger Umstände wenig Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft gehabt hat. Sein Geburtsjahr und früheren Lebensschicksale sind unbekannt. In der Mitte des 16. Jahrhunderts finden wir ihn als praktischen Arzt in Rom, darauf als Professor an der päpstlichen medizinischen Akademie. Er starb 1579. Seine weitumfassenden anatomischen Untersuchungen hat er in einem reich illustrierten Werk zusammengefaßt, das bei seinem Tode druckfertig war. Es blieb jedoch liegen und wurde erst 1714 veröffentlicht, als das meiste natürlich schon veraltet war. Während seines Lebens gab er eine Anzahl kleinerer Arbeiten heraus, „Opuscula anatomica", in denen sich indessen mehrere wichtige Untersuchungen finden, z. B. über das Gehörorgan, wo die Tuba Eustachii heute noch seinen Namen trägt, über den Blutkreislauf des Embryos und die Entwicklung der Zähne.

Ein anderer hervorragender Anatom war Costanzo Varolio aus Bologna (1543—1575), der in der kurzen Zeit seines Lebens wichtige Untersuchungen über das Nervensystem ausgeführt hat. Die Pons Varolii im Gehirn ist nach ihm benannt.

Weit bemerkenswerter noch als diese beiden war jedoch Cesalpino, ein Forscher, der Verdienste auf verschiedenen Gebieten, darunter in der Biologie als spekulativer Naturphilosoph und als Botaniker, hatte. Sein Lebenswerk wird zweckmäßig an anderer Stelle zusammen mit der Entdeckung des Blutkreislaufes geschildert werden.

Eine eigentümliche Stellung unter den italienischen Anatomen nimmt Marc Aurelio Severino ein. Geboren 1580 in Süditalien, kam er jung nach Neapel, wo er unter Campanella, dem bekannten eifrigen Gegner von Aristoteles, der das Opfer politischer und wissenschaftlicher Verfolgung wurde, humanistische Wissenschaft und Philosophie studierte. Bald jedoch ging Severino auf das Studium der Medizin über und wurde Professor der Anatomie und Chirurgie in Neapel. Nebenbei war er ein beliebter praktischer Arzt. Einmal mußte er wegen Verfolgung durch die Inquisition aus Neapel fliehen, wurde aber bald zurückberufen und stand bis an sein Lebensende in hohem Ansehen. Er starb 1656 an einer Seuche, die er zu bekämpfen trachtete. Verfaßt hat er außer einem Handbuch der Anatomie des Menschen eine Monographie über die Viper und zum Schluß ein Werk, das seinen Namen berühmt machte, die „Zootomia Democritea".

Diese seine Arbeit leitet Severino ein mit einer Verteidigung des vergleichenden Studiums der Anatomie verschiedener Tiere, dessen Nutzen er mit Hilfe einer dichotomischen Tabelle klarzumachen sucht und mit

einer Menge von Zitaten anderer Verfasser und eigenen Argumenten beweist. Er findet es zweckentsprechend, mit dem Studium der Anatomie der Tiere zu beginnen, weil diese oft eine einfachere Organisation besitzen als der Mensch, und weil dadurch interessante Vergleichsmomente zutage treten. Er nimmt einen gemeinsamen Organisationsplan für das ganze Tierreich an und interessiert sich auch für die wirbellosen Tiere. Sogar die Pflanzenanatomie wird von ihm erörtert. Seine speziellen zootomischen Untersuchungen, die das vierte Buch seines Werkes füllen, bestehen aus losen Notizen über die Anatomie einer Menge verschiedener Tierformen. Es findet sich dort keine an einer Tierform durchgeführte anatomische Untersuchung. Das Kapitel Tetrapodographia gibt unzusammenhängende Beobachtungen, besonders aus der Anatomie der Haustiere, aber auch des Fuchses, Hasen, Maulwurfes, der Schildkröte und des Igels. Die Ornithographie enthält ebensolche Angaben über Vögel mit einer besonderen vergleichenden Studie über ihre Füße. Über die Insekten und Spinnen werden meist Einzelheiten des äußeren Baues mitgeteilt. Die Fische, darunter auch die Tintenfische, werden im Schlußkapitel dieses zootomischen Handbuches besonders ausführlich behandelt. Das letzte Buch des ganzen Werkes ist der anatomischen Technik gewidmet. In ihm werden die gewöhnlichen Sezierinstrumente beschrieben, und es wird die Anwendung des Vergrößerungsglases empfohlen.

Der Titel des Buches „Zootomia Democritea“ zeigt die Tendenz an, die überall zutage tritt, den Widerwillen gegen Aristoteles als Erbteil der Schule des Campanella. Im ersten Kapitel wird die Naturbeobachtung im Gegensatz zu den Theorien von Aristoteles betont, dieselbe, die schon Demokritos so hochgestellt haben soll. Jedoch vermag Severino keine neue Auffassung der Naturerscheinungen an Stelle derjenigen von Aristoteles zu setzen und verfällt daher, gleich seinem Lehrer Campanella, zurück in den Gedankengang der mittelalterlichen Scholastiker, deren Schlüsse, Thesen und Beweise er auf seine zootomischen Beobachtungen anwendet.

Der vernichtende Schlag gegen Aristoteles' Theorien in der Biologie sollte merkwürdigerweise von einem Mann ausgehen, der seiner Lehre die höchste Verehrung entgegenbrachte, aber gleichzeitig Tatsachen feststellte, die ein weiteres Festhalten an ihr unmöglich machten.

Kapitel XIV.

Die Entdeckung des Blutkreislaufes.

1. Harveys Vorgänger.

Die biologische Forschung der Renaissancezeit hat, wie oben geschildert wurde, in hohem Maße die Kenntnis von der lebenden Natur

erweitert. Besonders auf dem Gebiete der Anatomie waren die Fortschritte groß. Vesalius und seine Schule bereicherten nicht nur die Menschen- und Tieranatomie mit einer Fülle neuer Tatsachen, sondern stellten überhaupt das Wissen des klassischen Altertums vollständig in den Schatten. Diese Forscher aber standen mit ihrer allgemeinen Auffassung von der Natur noch ganz und gar auf dem Boden der von Aristoteles und Galenus geschaffenen Anschauungen. Indessen paßten die neuaufgefundenen Tatsachen nicht mehr in das alte System, und es erging den Biologen wie den Astronomen Copernicus und Galilei. Ein entscheidender Bruch mit der antiken Auffassung des Lebens war unvermeidlich. Besonders in einem Punkte war der Einfluß des alten Systems verhängnisvoll, nämlich hinsichtlich der Auffassung von der Bewegung des Blutes im Körper und seiner Bedeutung für das Leben. Hippokrates, Aristoteles und Galenus stimmten alle bezüglich des Herzens und des Gefäßsystemes darin überein, daß sie für das wichtigste im Blute die „Lebensgeister“ ansahen und bei ihren Spekulationen über diese das Studium seiner Bewegung in den Adern versäumten. Galenus, der ja unter den antiken Biologen über das reichste Erfahrungsmaterial verfügte, hatte alles, was das klassische Altertum über das Gefäßsystem an Erfahrung gesammelt hatte, zu einer systematischen Einheit verarbeitet. Er hatte, wie wir uns erinnern, das alte Vorurteil überwunden, als enthielten die Arterien und die linke Herzkammer Luft. Er fand in ihnen ein Blut, das seine hellrote Farbe dem „Pneuma“ verdankte, dem halb mystischen Lebensgeist, der es erfüllte. Das Pneuma wurde dem Arterienblut aus der Luft durch Einatmung in die Lungen, aus denen es in die linke Herzhälfte gelangte, zugeführt. Das pneumafreie, venöse Blut hatte seinen Mittelpunkt in der Leber, wo es sich aus der im Darmkanal enthaltenen Nahrung bildete. Aus der Leber rann das Blut durch die Venen teils in den Körper, wo es auf nicht näher erklärte Weise in „Fleisch“ umgesetzt wurde, teils in die rechte Herzhälfte, aus der der „Ruß“ durch die Lungenarterien abgeschieden wurde. Die Wand zwischen der rechten und linken Herzhälfte war durchsetzt von feinen Poren, durch die das Blut aus der rechten in die linke Hälfte floß, um hier durch die Wirkung des Pneuma gereinigt zu werden. Über die Bewegung des Blutes in den Gefäßen hatte Galenus eine unklare Vorstellung — in den Venen wenigstens strömte es nach seiner Meinung abwechselnd in beiden Richtungen. Diese Theorie des Galenus von den Blutgefäßen und ihrem Inhalt wurde, so wie sie war, noch von den großen Anatomen des 16. Jahrhunderts geglaubt. Die vielen Unklarheiten und Widersprüche in ihr wären schon lange früher aufgefallen, hätte man nicht das Blutgefäßsystem von alters her für den Herd des Lebens selbst gehalten. Das mystische Pneuma bildete bloß eine Seite des spezifischen Lebens-

inhaltes des Blutes und auch die verschiedenen Arten von Seelen, die der Mensch enthielt, die vegetative mit dem Sitz in der Leber und die animale im Herzen, waren eng mit dem Blute verbunden und beeinflußten durch dieses den ganzen Körper[1]). Die Spekulationen über diese Bestandteile im Organismus dienten gewiß nicht zur Klärung der Fragen hinsichtlich des Blutgefäßsystems und hatten noch den Nachteil, daß eine kritische Besprechung dieses Organes als ein Versuch gedeutet werden konnte, die unsterbliche Seele des Menschen in Frage zu stellen, was den Forscher unfehlbar der Verfolgungen seitens der Theologen und der Inquisition aussetzen mußte. Bezeichnend in dieser Hinsicht ist der Standpunkt von Vesalius betreffs der von Galenus geschilderten Poren in der Zwischenwand zwischen der rechten und linken Herzhälfte. Er fand zwar keine Spur davon, aber fügt vorsichtig hinzu, das Blut könnte dennoch vielleicht durch die Wand selbst sickern. Denselben vorsichtig vermittelnden Standpunkt nahmen in dieser Frage auch seine Schüler ein, namentlich Fabrizio, der Entdecker der Venenklappen.

Es gehörte also Mut dazu, die traditionelle Blutgefäßtheorie ananzugreifen. Und der Mann, der zuerst den Versuch wagte, einen Punkt in der alten Theorie zu reformieren, war auch besonders dazu befähigt. Er war ein Mann, dessen ganzes Leben im Kampf gegen überlieferte Vorstellungen dahinging, und der zum Schluß für seine Überzeugung sterben mußte. Es war der bekannte religiöse Schwärmer und Märtyrer Michael Servetus.

Miguel Servet y Reves, wie sein Name eigentlich lautete, war in Villanova im nördlichen Spanien geboren als Sohn adliger Eltern. Sein Geburtsjahr ist nicht sicher bekannt (1509 oder 1511) und auch über seine Jugend weiß man nichts. Die innere Unruhe, welche es ihm unmöglich machte, eine bleibende Stätte und eine bestimmte Lebensaufgabe zu finden, scheint schon früh von ihm Besitz ergriffen zu haben, und so wurde er einer von den leidenschaftlichen und tief mystischen Schwärmern, an denen die Renaissancezeit besonders reich war. Nachdem er sich an mehreren Orten in Deutschland und Italien aufgehalten hatte, ließ er sich in Straßburg nieder und gab dort seine erste Schrift „De trinitatis erroribus" heraus, in der er die Ergebnisse seiner mystisch-religiösen Spekulationen darlegte. Er mißbilligte die Kindertaufe und äußerte über die Dreieinigkeit eine Auffassung, die man für „arianisch" hielt. Das Buch weckte einen Sturm von Verbitterung sowohl bei der katholischen als auch bei der protestantischen Geistlichkeit. Servet

1) Die Theorie, daß nicht nur die Menschenseele, sondern auch die der Tiere im Blute sei, finden wir im alten Testament wieder: „Allein merke, daß du das Blut nicht essest; denn das Blut ist die Seele, darum sollst du die Seele nicht mit dem Fleisch essen." 5. Buch Mose, 12, 23.

mußte aus Straßburg fliehen und trat später unter einem anderen Namen auf. In Lyon erhielt er Schutz bei einem Arzt und zugleich Anregungen zu medizinischen Studien. Um diese fortsetzen zu können, begab er sich nach Paris und studierte zusammen mit Vesalius Anatomie. Gleichzeitig hielt er, was für ihn sehr bezeichnend ist, den Studenten Vorlesungen über Astrologie. Seine Theorien über die Einwirkung der Himmelskörper auf die Gesundheit der Menschen brachten ihn wieder in Konflikt mit der Geistlichkeit, so daß er aus Paris fliehen mußte. In der Stadt Vienne an der Rhone fand er Anstellung als Arzt und verlebte dort einige ruhige und glückliche Jahre. Während dieser Zeit schrieb er über seine fortgesetzten theologischen Spekulationen ein Buch unter dem Titel „Christianismi restitutio". Er versuchte auch brieflich den Reformator Calvin für seine Ansichten zu gewinnen, erhielt aber eine Absage. Da Servet es trotzdem wagte, das Buch anonym in Vienne drucken zu lassen und es zudem noch mit einer unbeherrschten Polemik gegen Calvin abschloß, ließ dieser ihn als Verfasser anzeigen, und Servet wurde von der Inquisition gefangen. Es gelang ihm jedoch zu fliehen, und er begab sich nach Genf, wahrscheinlich um mit Calvins Gegnern, die gerade einen Angriff gegen den despotischen Reformator vorbereiteten, gemeinsame Sache zu machen. Dieser war jedoch auf der Hut; Servet wurde verhaftet und Calvin benutzte nun das Gerichtsverfahren gegen den bei allen Kirchen verhaßten Sektierer zur Befestigung seiner eigenen Stellung. Nachdem verschiedene protestantische Kirchenräte ihr Einverständnis erklärt hatten, wurde Servet vom Gerichtshof in Genf zum Feuertode verurteilt, und das Urteil wurde zur Schmach für den Protestantismus am 27. Oktober 1553 vollzogen. Kurz vorher hatte die Inquisition in Vienne Servets Bild in Ermangelung seiner selbst verbrennen lassen. Durch seinen Tod gewann Servet eine solche Berühmtheit, wie weder seine Person noch seine Schriften an sich sie verdienten. Besonders die Katholiken haben in letzter Zeit sein Andenken gefeiert, um die Calvinisten zu ärgern — man hat ihm sowohl in Paris als auch in Madrid Denkmäler errichtet.

Servets Hauptarbeit[1]) „Über die Wiederherstellung des Christentums" ist, wie schon der Titel zeigt, rein theologisch und behandelt von einem mystisch-spiritualistischen Standpunkt aus Gottes Stellung zur Welt und den Menschen. Alle möglichen Lebensfragen werden dabei zur Besprechung herangezogen — Rechts- und Staatslehre ebenso wie

1) Von der Originalauflage von Servets Christianismi restitutio finden sich, soviel man weiß, nur noch drei Exemplare, eines in Wien, und je ein beschädigtes in Paris und Edinburgh. Ein Versuch um 1720 in England das Werk von neuem herauszugeben, scheiterte am Widerstand der kirchlichen Behörden. Erst 1790 wurde eine neue Auflage in Nürnberg gedruckt, doch auch diese ist recht selten.

Astronomie, Physik und Medizin. Bei Besprechung der Frage vom heiligen Geist betont er, daß dieser nicht recht verstanden werden könne ohne Kenntnis des Menschengeistes, und der Menschengeist erfordere zu seinem Verständnis die Kenntnis des menschlichen Körpers. So kommt Servet auf den Bau und die Funktionen des menschlichen Körpers, in erster Linie auf die in seelischer Hinsicht so wichtige Rolle des Blutes zu sprechen und gibt dabei eine Darstellung des Lungenkreislaufes, die ihm, dem religiösen Phantasten, einen Platz in der Geschichte der Biologie sichert. Um sich einen Begriff vom Verhältnis des Geisteslebens zum körperlichen zu machen, müsse man, meint Servet, die drei Lebenselemente im Körper kennen: das Blut mit seinem Sitz in der Leber und den Venen, den „Spiritus vitalis“ im Herzen und in den Arterien und den „Spiritus animalis“, der ein Strahl des Lichtes ist, im Gehirn und in den Nerven. In allen diesen wohne die Kraft des Gottesgeistes. Der Lebensgeist wird vom Herzen der Leber mitgeteilt, denn im Herzen wohnt zuerst der von Gott kommende Geist, wie man am Embryo sehen könne, wo das Herz der erste Punkt ist, der lebt. Andererseits liefert die Leber durch das Blut einen Stoff, aus dem der Geist sich im Verein mit den Bestandteilen der eingeatmeten Luft bildet. Diese Vereinigung geschieht in den Lungen, in die das Blut aus der rechten Herzkammer geleitet wird, um von hier aus, befreit vom Ruß und gemischt mit der eingeatmeten Luft, zurück in die linke Herzhälfte zu strömen. Daß das Blut nicht, wie man gewöhnlich glaubte, durch die Herzwand dringt, beweise nicht nur deren feste Beschaffenheit, sondern auch der kräftige Bau der Lungenadern, der sich nur erklären ließe durch ihre Aufgabe, die Lungen zu ernähren. Übrigens, sagt Servet zum Schluß, gehe das alles schon aus den Beobachtungen hervor, die Galenus mitteilt, man müsse nur verstehen, sie richtig zu erklären.

Die eigentümliche, stark spiritualistisch physiologische Schilderung der Bedeutung des Blutes, über die wir oben berichteten, ist an und für sich nicht etwas, das Servet besonders kennzeichnet. Solche Ideen kommen im Gegenteil oft bei den Verfassern der Renaissancezeit vor und auch noch im 17. Jahrhundert; ja sogar bei Swedenborg finden wir noch ähnliche Betrachtungen. An letzteren erinnert Servet dadurch, daß er zu seinen Ansichten mehr auf spekulativem Wege, als durch eigene Untersuchungen kommt. Freilich hat er, wie erwähnt, unter der Leitung von Vesalius selbst an Sektionen teilgenommen, aber er beruft sich nicht auf diese Erfahrungen, sondern nur auf seine richtige Deutung des Galenus. Was unter solchen Umständen am erstaunlichsten ist, nämlich das klare Bild, das er vom Lungenkreislauf gibt, wirkt um so eigentümlicher, als seine Auffassung des Blutefäßsystems im übrigen dieselbe wie bei Galenus ist, mit der Leber als Hauptorgan des Blutes, von dem die Venen abgehen. Er strebte ja auch nicht nach einer Kenntnis des

Menschenkörpers in biologischem oder medizinischem Sinne. Wie seine Methode spekulativ war, so war auch sein Ziel ausschließlich mystisch-theologisch, und darum konnte er sich auch in allem mit der alten Überlieferung begnügen außer dem einen Punkte, der nicht in sein metaphysisches Gedankengebäude paßte. Jedenfalls ist er zweifellos der erste, welcher hinsichtlich des Lungenkreislaufes Ansichten geäußert hat, die durch die Untersuchungen späterer Zeiten bestätigt worden sind.

Es läßt sich kaum vermuten, daß eine Schrift, die von den Staatsgewalten ihrer und mehr noch späterer Zeiten verboten und soweit möglich vernichtet wurde, einen größeren Einfluß auf den Entwicklungsgang der Wissenschaft ausüben konnte, und in der Tat dauerte es mehr als anderthalb Jahrhunderte, bis man auf Servets Beitrag zu den Erörterungen über den Blutkreislauf aufmerksam wurde. Indessen scheint es, daß Servets Ideen doch schon einen Einfluß auf die Zeitgenossen gehabt haben, denn in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts finden sich bei vielen Verfassern Aussprüche oder wenigstens Andeutungen hinsichtlich einer Blutzirkulation zwischen der rechten und linken Herzhälfte durch die Lungen. Einige von denen, die an der endlichen Lösung dieser Frage mitgewirkt haben, seien hier erwähnt.

Realdo Colombo, der bereits erwähnte Schüler und Nachfolger von Vesalius in Padua, hat den Anspruch unter den Bahnbrechern auf diesem Gebiete genannt zu werden, da er der einzige Verfasser ist, der von Harvey zitiert wird, dem großen Pionier der Blutforschung. In seinem Werk über die Anatomie widmet Colombo ein Kapitel dem Blutgefäßsystem. Hier wiederholt er die traditionelle Lehre von der Leber als dem Mittelpunkt des Venensystems und dem eigentlich blutbildenden Organ, von wo aus das Blut den verschiedenen Teilen des Körpers zugeleitet wird. Das Herz ist der Mittelpunkt des Arteriensystems. Seine rechte und linke Hälfte werden durch eine Zwischenwand geschieden, die entgegen der landläufigen Annahme undurchlässig ist. Aus der rechten Hälfte gelangt das Blut in die Lungen, wo es mit Luft gemischt wird, und so verdünnt wird es in die linke Herzhälfte zurückgeleitet. Solches, sagt er, wäre bisher noch von niemand beobachtet oder beschrieben worden, sei aber nichtsdestoweniger wahr und könne sowohl an lebenden als auch an toten Untersuchungsobjekten konstatiert werden. Colombos Arbeit erschien im Jahre 1559, also 6 Jahre nach derjenigen von Servet. Man hat eifrig die Frage erörtert, ob beide unabhängig von einander zu demselben Ergebnis gekommen seien und wer im entgegengesetzten Fall den Gedanken vom anderen entlehnt habe. Diese Frage wird wohl nie mit Sicherheit beantwortet werden können, doch ist es wahrscheinlich, daß Servet, der zweifellos in dieser Frage Priorität hat, auf irgendwelche Weise Colombo beeinflußt hat. Vermutlich hat letzterer das gefährliche

Ketzerbuch gelesen, das er nicht zitieren konnte, auch wenn er gewollt hätte. Jedenfalls hat jedoch Colombo weit mehr als Servet seine Behauptungen mit Beobachtungen und Experimenten gestützt.

Weit größeres Aufsehen, als obige Beiträge zur Frage vom Blutkreislauf, hat übrigens ein Ausspruch des italienischen Botanikers und Arztes Cesalpino hervorgerufen, der von seinen Landsleuten heute noch als der Entdecker des Blutkreislaufes verherrlicht wird. Andrea Cesalpino wurde in Arezzo in Toscana im Jahre 1519 geboren. Er studierte in Pisa Philosophie und Medizin, letztere bei Colombo, der aus Padua hierher berufen worden war. Mit 30 Jahren wurde er Doktor der Medizin und bald darauf Professor der Pharmakologie in Pisa. Als solcher widmete er sich besonders der Botanik, in der er zu den großen Bahnbrechern gezählt wird. Seine Erfolge auf diesem Gebiete werden an anderer Stelle behandelt werden. Auf seine alten Tage wurde er als Leibarzt des Papstes nach Rom berufen, wo er im Jahre 1603 starb.

Cesalpino war ein Mann mit vielseitigen Interessen. Außer Botanik und Pharmakologie trieb er Anatomie, Mineralogie und Metallurgie, vor allen Dingen aber war er Naturphilosoph im Geiste des Aristoteles. Seine theoretischen Spekulationen hat er in einer Arbeit niedergelegt, die den bezeichnenden Titel „peripatetische Fragen“ trägt. In diesem Werk sucht er auf aristotelischer Grundlage eine allgemeine Naturerklärung zu finden und geht dabei in rein philosophischer Hinsicht weit über den Meister hinaus, indem er sowohl Form, als auch Materie aus einem einzigen höchsten Prinzip herleitet. Als Physiker aber steht er ganz auf dem alten Standpunkt der Himmelssphären und kreisförmigen Planetenbahnen, der Schwere und Leichtigkeit als Eigenschaften des Körpers, kurz gesagt, alles dessen, was Galilei gerade im Begriff stand umzustürzen[1]). Auch die Biologie, die das fünfte Buch füllt, steht noch ganz im Zeichen des Aristoteles. Ihre Einleitung bildet die rein scholastische These, daß, angenommen das Leben eines Wesens wäre eine unteilbare Einheit, auch der Körper eine sein müsse und sein Mittelpunkt, von dem das Leben ausströme, ebenfalls eine. Pflanzen und niedere Tiere, die in Stücke geschnitten weiter leben, brauchten keinen Mittelpunkt, aber bei Tieren mit Blut sei das Herz ohne Zweifel dieser Mittelpunkt; denn es sei das erste, das zu leben anfängt, und das letzte, das da stirbt. Darauf sucht Cesalpino in einer mit Zitaten aus Aristoteles gespickten Polemik gegen Galenus zu beweisen, daß die Venen vom Herzen und nicht von der Leber ausgehen und daß die Nerven in gleicher Weise das Herz und nicht das Gehirn zum Mittelpunkt hätten. Letzteres wird unter

1) Merkwürdigerweise fiel auch Cesalpino trotz seines rechtgläubigen Aristotelismus der Inquisition in die Hände, rettete sich aber durch seine dialektische Geschicklichkeit, vielleicht auch dank seiner Anstellung beim Papste.

anderem damit bewiesen, daß Freude und Schmerz zuerst im Herzen empfunden würden, während es die Aufgabe des Gehirnes sei, das Blut abzukühlen, entsprechend der Vorlage an einem Destillierapparat. Indem er so in jeder Hinsicht auf die Worte des Meisters schwört, findet Cesalpino doch bezüglich des Blutkreislaufes das Richtige, daß das Herz wirklich der Mittelpunkt des Gefäßsystems ist. Und hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Lungen und Herz verharrt er bei der Ansicht seines Lehrers Colombo, daß das Blut durch die Lungen von der rechten Hälfte des Herzens zur linken geleitet werde, ein Vorgang, der hier bei ihm zum ersten Male Zirkulation genannt wird. Seine Abhängigkeit jedoch von der Autorität des Aristoteles hindert ihn, seines Vorgängers und seine Errungenschaften weiter auszunutzen. Er wagt es nicht, die Lehre von den Poren in der Herzwand zu verwerfen, sondern läßt im Gegenteil einen Teil des Blutes diesen Weg nehmen. Er beobachtet, daß die Venen bei der Unterbindung eines Gliedes unterhalb und nicht oberhalb der Binde anschwellen, wagt aber nicht, daraus den Schluß zu ziehen, daß der Blutstrom in den Venen stets zum Herzen führe. Das geschehe, meint er, im Schlafe, aber nicht im Wachen; außerdem spielt doch die Entstehung des „Lebensgeistes" im Blute die Hauptrolle bei seinen Untersuchungen. Seine schwere und verwickelte Darstellungsweise, unklar auch im Vergleich mit Servets kurzer und bestimmter Art sich auszudrücken, gab seinen Bewunderern die Möglichkeit, seine Behauptungen so zu deuten, wie sie am besten ihren Absichten entsprachen. Aber ebenso wie niemand von seinen Zeitgenossen in ihm den Reformator der Lehre vom Blutgefäßsystem sah, was er als Katholik und Günstling des Papstes auch schwerlich selbst zugegeben hätte, ebenso wenig hat die Nachwelt, sofern sie es nicht aus Parteiinteresse und Chauvinismus tut, Veranlassung, ihm die Ehre einer Idee zuzuschreiben, die er niemals klar ausgesprochen oder verteidigt hat.

2. Harvey.

Außer den oben aufgeführten beschäftigte sich während der Renaissancezeit noch eine recht große Anzahl anatomischer Autoren mit dem Bau und der Funktion des Blutgefäßsystems in der vergeblichen Hoffnung, Ordnung in das Chaos zu bringen, das durch die falsche Auffassung der antiken Biologen entstanden war. Die Notwendigkeit einer Lösung wurde allgemein empfunden, etliche waren auch schon auf dem rechten Wege, aber blieben zu früh stehen. Da tat William Harvey den entscheidenden Schritt und löste mit einem Schlage die schwere Frage.

William Harvey war geboren in Folkestone an der Südküste Englands im Jahre 1578. Er war der Sohn angesehener und wohlhabender Eltern, die ihren Kindern eine gute Erziehung gaben. Nach Erlangung

eines akademischen Grades in Cambridge begab sich Harvey auf Reisen und kam nach Padua, wo zur Zeit Fabrizio aus nah und fern Schüler um sich sammelte. Harvey schloß sich ihnen an und wurde nach vierjährigem Studium Doktor der Medizin. Nach England zurückgekehrt, ließ er sich als praktischer Arzt in London nieder. Er arbeitete an einem Krankenhause, wurde zum Mitglied des Londoner „College of physicians" gewählt und gewann ein solches Ansehen, daß er gebeten wurde, seinen Berufsgenossen Vorlesungen zu halten. Schließlich wurde er Hofarzt bei den Königen Jakob I. und Karl I. In London lebte er Jahrzehnte lang in ruhiger und ununterbrochener Forscherarbeit. Als aber der große Bürgerkrieg ausbrach und Harvey seinem Könige auf der Flucht aus London folgte, wurde sein Haus geplündert und seine Sammlungen zerstört. Dafür erhielt er aber eine Professur in Oxford, wo der König sein Hauptquartier hatte. Als auch diese Stadt nach Karls endlicher Niederlage vom Parlamentsheere erobert wurde, mußte der nun 68jährige Forscher sich ins Privatleben zurückziehen. Zum Glück besaß er ein Vermögen und wurde noch dazu von seinem Bruder, einem reichen Kaufmann in London, unterstützt, so daß er, geachtet von seinen Landsleuten und Berufsgenossen, ein sorgenfreies Alter erlebte. Ein Schlaganfall endete im Jahre 1657 schnell und still sein Leben. Sein Vermögen hatte er dem Kollegium vermacht, dessen hervorragendstes Mitglied er während seines Lebens gewesen war und das nach seinem Tode sein Andenken in Ehren hält, indem es jährlich ein Gedächtnisfest veranstaltet. Ein prachtvolles Monument schmückt sein Grab.

Das Werk, in welchem Harvey seine neue Idee über den Blutkreislauf veröffentlicht hat, erschien im Jahre 1628 in Frankfurt a. M. in Form eines Heftes von 72 Seiten in Quartformat. Mit der Ausarbeitung der Gedanken jedoch, die in jenem bescheidenen Bande niedergelegt sind, ist Harvey seit der Zeit beschäftigt gewesen, wo er als Jüngling seine ersten anatomischen Kenntnisse in Fabrizios Schule erwarb. Sein Vorlesungskonzept aus dem Jahre 1616 ist noch erhalten, in dem er schon einen Teil derjenigen Gedanken ausspricht, die 12 Jahre später ihre endgültige Form erhielten, und man kann sich somit von seiner genauen Forschungsarbeit und reifen Überlegung, auf der sich sein Werk aufbaut, ein gutes Bild machen. Das Werk selbst ist ein Meisterstück knapper und inhaltsreicher Ausdrucksweise, bei der kein Wort überflüssig erscheint. Nach einem Bericht über die den Gegenstand betreffenden überlieferten Theorien, deren Mängel scharf beleuchtet werden, gibt Harvey seine Beobachtungen über die Bewegungen des Herzens wieder. Nach der alten Theorie waren die Wände des Herzens nicht muskulös und die Erweiterung war die wichtigste Funktion des Herzens, denn dadurch kam das Blut aus den Adern in das Herz. Durch genaue Experimente, über

die er berichtet, fand Harvey, daß das Herz muskulös ist und daß im Gegenteil die Zusammenziehungen seine wichtigsten Funktionen ausmachen, da durch diese das Blut vorwärts, d. h. in die Adern getrieben wird, während gleichsam dabei das Herz an den Brustkorb schlägt. An dieser Bewegung beteiligen sich nicht nur die Kammern, sondern auch die Vorkammern des Herzens, deren Bedeutung Harvey zum erstenmal richtig darstellt. Darauf berichtet er über den Weg, den das Blut aus der rechten Hälfte des Herzens durch die Lungen zur linken zurücklegt, und erkennt dabei Colombos Verdienst an der Ermittlung dieser Tatsache an. Über die Rolle der Lungen und der Luft bei diesem Kreislauf hat er nicht viel Neues zu den Hypothesen seiner Vorgänger hinzuzufügen. Nach dieser Schilderung des kleinen Kreislaufes geht Harvey über zur Beschreibung der Bewegung des Blutes im Körper selbst und teilt dabei seine kühnste Neuerung mit. Nach der alten Theorie wurde ja in der Leber die Nahrung in Blut verwandelt, das durch die Venen teils zum Herzen getrieben wurde, um dort „Spiritus“ zu erhalten, teils in den Körper. Entgegen dieser Theorie stellt Harvey folgende mathematische Berechnung an — wenn das Herz eines Menschen zwei Unzen Blut faßt und 65 Schläge in der Minute macht, so treibt es in weniger als 1 Minute 10 Pfund Blut in den Körper. Eine solche Masse Blut kann nicht ununterbrochen aus der aufgenommenen Nahrung entstehen, sondern man muß annehmen, daß dieselbe Blutmenge immerfort im Körper zirkuliert, indem sie in die Arterien hinaus und durch die Venen wieder ins Herz zurückfließt. Für diese Folgerung führt Harvey dann eine Menge Beweise aus dem Verhalten der Arterien und Venen zum Körper an. Er untersucht den Arterienpuls sowohl bei normalen Individuen als auch bei solchen mit verkalkten Adern. Er öffnet eine lebende Schlange, unterbindet zuerst die Vena cava, sodann die Aorta und beobachtet, daß die Vene zwischen Herz und Ligatur leer wird, aber auf der anderen Seite der letzteren anschwillt, während sich die Aorta umgekehrt verhält. Er studiert die von Fabrizio entdeckten Venenklappen am Arm eines Menschen und zeigt, wie sie unterhalb einer Umschnürung anschwellen. Er durchschneidet eine Vene und parallel mit ihr eine Arterie und zeigt, daß das Blut aus verschiedenen Enden der Wunde fließt. Auf Grund dieser und etlicher anderer Beobachtungen an sehr verschiedenen Tierformen zieht er den Schluß, daß die Arterien das Blut aus dem Herzen in den Körper führen, wo es in Verzweigungen der Venen übergeht, aus diesen in die Hauptvenen und so in das Herz zurück strömt. Das Blut der Arterien, meint er, ernähre den Körper, das der Venen aber sei verunreinigt. Den Übergang des Arteriensystems in das der Venen hat er nicht klarlegen können, denn er konnte, da er kein Mikroskop besaß, das Kapillarsystem nicht sehen und nahm an, daß die Verbindung in einer Art von verzweigten

Hohlräumen bestehe. Eine andere schwache Seite seiner Theorie war, daß er nie eine befriedigende Erklärung finden konnte, wie die Bestandteile der Nahrung sich in Blut verwandeln, und sich mit der alten Hypothese von der in dieser Hinsicht vermittelnden Rolle der Leber begnügen mußte. Im Alter erlebte er es noch, daß andere die Lymphgefäße und den Brustgang entdeckten. Er konnte aber nicht mehr einsehen, wie sehr diese Entdeckung seine eigenen ergänzte, wollte nichts davon wissen und blieb in diesem Punkte auf dem alten Standpunkt stehen.

Vergleicht man Harveys Darstellung des Blutkreislaufes mit den alten Blutgefäßtheorien, so treten seine grundlegenden Änderungen der antomischen und physiologischen Anschauungsweise deutlich hervor. Nach der alten Theorie war das Herz kein muskulöses Organ; es wurde ganz passiv ausgedehnt und ließ das Blut eintreten, um mit „Lebensgeist“ versehen zu werden. Das war die wesentliche Lebensaufgabe des Herzens, falls es nicht auch zugleich, wie Aristoteles und seine Schüler bis Cesalpino glaubten, der Mittelpunkt des Intellekts war. Das Blut aber bewegte sich von selbst wegen seiner spezifisch lebenden Eigenschaften, die der „Spiritus“ ihm verlieh. Harvey dagegen beweist, daß das Blut durch rein mechanische Arbeit des Herzens bewegt wird. Die Muskelkontraktionen des Herzens treiben das Blut in die Adern; es fließt durch die Arterien in den Körper und durch die Venen wieder in das Herz zurück, um dann weiter durch die Lungen zu strömen. In diesem Gegensatz liegt, kann man sagen, der große Unterschied zwischen antikem und modernem biologischem Denken. Auch die Beweisführung ist bei Harvey schon ganz modern. Während sich Servet noch auf philosophische Spekulationen und Auslegungen klassischer Schriftsteller beruft, kommt Harvey mit einer rein mathematischen Berechnung vom Voluminhalt des Herzens und des Gefäßsystems und führt den Beweis weiter mit Hilfe von Beobachtungen und Experimenten an einer Menge höherer und niederer Tierformen. Er verwirklicht also innerhalb der Biologie die von seinem Zeitgenossen Bacon an die Wissenschaft gestellte Forderung, die Natur durch aus Beobachtung und Experiment gewonnene Erfahrungsbeweise zu erklären. Auch Galileis Grundastz in der Naturwissenschaft, zu messen, was gemessen werden kann, und meßbar zu machen, was man nicht messen kann, wird zum erstenmal von Harvey auf die lebende Natur angewendet. Galilei lehrte ja ferner, daß die Wissenschaft nur erforschen könne, wie die Naturkräfte wirken, ihr innerstes Wesen aber werde unter allen Umständen unbekannt bleiben. Durch die Klarlegung des Blutkreislaufes erfüllte Harvey die erste Hälfte dieser Forderung, aber durch sein Festhalten am alten Glauben an die Lebensgeister im Blute steht er noch ganz und gar mit seiner theoretischen Auffassung auf dem Boden der antiken Welt.

Dieser Konservatismus Harveys zeigt sich besonders in einem Werk, das er im Alter veröffentlicht hat, „Exercitationes de generatione animalium" (im Jahre 1651). Ebenso wie die Arbeit über den Blutkreislauf ist auch diese die Frucht jahrzehntelanger Arbeit, aber im Gegensatz zu jener erscheint sie recht weitschweifig und weit weniger formvollendet. Harvey gibt nämlich in ihr eine vergleichende Beschreibung der Embryonalentwicklung bei höheren und niederen Tierformen. Er kann dabei als seinen Vorgänger seinen alten Lehrer Fabrizio anführen und tut es mit der größten Pietät. Vor allem aber erweist er sich als Anhänger von Aristoteles, dessen Auffassung vom eigentlichen Wesen des Lebens er sich ganz zu eigen macht. Er sucht nach aristotelischem Grundsatz eine formale Einheit in der Mannigfaltigkeit von Erscheinungen zu finden, die die Embryonalentwicklung aufweist, und glaubt sie im Ei, aus dem alle lebenden Wesen sich entwickeln, gefunden zu haben. Allbekannt ist ja sein Ausspruch: „Sämtliche Tiere, auch die, welche lebendige Junge gebären, der Mensch selbst mit inbegriffen, entwickeln sich aus Eiern." Das Säugetierei hat er natürlich nicht beobachten können, da dazu ein Mikroskop gehört, das er nicht besaß, aber er setzt ein solches aus theoretischen Gründen voraus, und seine Annahme ist weit später bestätigt worden. Die Urzeugung läßt er zwar bestehen, aber beschränkt sie auf die niedersten Tiere. Aus dem Ei entwickeln sich die höheren Tiere durch Epigenese, indem ihre Organe sich sukzessive aus der indifferenten Materie im Ei bilden, die demnach, entsprechend der Lehre von Aristoteles, die Möglichkeit darstellt, aus der das Individuum verwirklicht wird. Die niederen Tiere dagegen entwickeln sich durch Metamorphose, d. h. direkte Umbildung fertiger Anlagen, wie sie besonders die Puppenentwicklung bei den Insekten zeigt. Harvey glaubte nämlich mit Aristoteles, daß die Puppe das Ei des Insektes wäre. Über die Befruchtung hat er ganz mittelalterliche Vorstellungen. Er glaubte, der Einfluß des Spermas auf die Keimbildung beruhte auf der ihm innewohnenden Lebenskraft, und vergleicht diese mit der geheimnisvollen Macht, die die Himmelskörper über alles Leben auf der Erde ausüben. Daß auch dieses letzte Werk von Harvey eine Menge vorzüglicher Einzelbeobachtungen enthält, versteht sich von selbst. Er schildert in ihm mit bis dahin unerreichter Genauigkeit das Ovarium des Huhnes und seine Entwicklung, ferner Nahrung und Wachstum des Küchels im Ei von den frühesten Stadien an, und von noch größerem Interesse sind seine Vergleiche zwischen Embryonalstadien verschiedener Tiere — von Säugetieren, Vögeln und niederen Tieren.

Harvey ist ohne Zweifel eine der bemerkenswertesten Erscheinungen in der Geschichte der menschlichen Kultur. Sein Werk hat den größten Umsturz verursacht, den die Geschichte der Biologie aufzuweisen

hat, denn es sprengte die Grundlagen, auf denen die antiken Lehren vom Leben und seinen Äußerungen aufgebaut waren, wenn auch der Verfasser diesen Lehren bis an sein Ende treu blieb. Mit ihm endigt daher auch jener große Abschnitt in der Geschichte der Biologie, wo diese von der Naturauffassung des Altertums beherrscht wird, und ebenso wie Galilei in der Physik, so leitet er die moderne Entwicklung im Gebiete der Biologie ein. In den folgenden Kapiteln soll geschildert werden, wie aus den von Harvey gemachten Anfängen eine ganz neue Wissenschaft vom Leben sich entwickelte.

Die Biologie im 17. und 18. Jahrhundert.

Kapitel XV.

Die Entstehung der modernen Naturauffassung im 17. und 18. Jahrhundert.

Das klassische Altertum hat zwei verschiedene Erklärungen der Naturphänomene hervorgebracht, die jede in ihrer Art großartig waren. Die eine stammt von Demokritos, die andere von Aristoteles. Demokritos machte bekanntlich den Versuch, alle Erscheinungen des Seins, sowohl die physischen als auch die psychischen, durch die Annahme zu erklären, alle Dinge seien aus einer Menge kleinster Teilchen, verschieden in Form, Größe und Bewegung, zusammengesetzt, deren gegenseitige Beziehungen alles überhaupt wahrnehmbare und denkbare Seiende und Werdende verursachten. Die Schwäche dieser Theorie lag darin, daß sie keine Erklärung der Gesetzmäßigkeit gab, die in den Geschehnissen der Natur erfahrungsgemäß vorhanden ist. Aus diesem Grunde mußte sie der Welterklärung des Aristoteles weichen, die freilich Gesetzmäßigkeit im Weltall voraussetzte, aber sie aus der Annahme einer göttlichen Vernunft herleitete, welche die an sich formlose Materie formte und in verschiedenem Grade beherrschte, weniger in der toten Natur, mehr in der lebenden und am meisten in den Himmelsphären, die über die unvollkommene Erde ihre Macht walten lassen. In der lebenden Natur tritt diese Kraft als Seele auf, als Lebensgeist, der um so höhere Daseinsformen schafft, je mehr er die Materie besiegt. Diese durch ihre logisch konsequente Ausformung unvergleichlich großartige Welttheorie ist als dynamistisch und vitalistisch bezeichnet worden im Gegensatz zu der materialistischen Atomistik. Mit noch größerem Rechte hat man sie ästhetisch genannt, da Aristoteles in der Tat die Naturerscheinungen aus dem Gesichtspunkte eines Künstlers ansah, der der Materie ihre Form gibt, und man hat sie auch teleologisch genannt, weil alles Seiende nach ihr einen Zweck hat, den die waltende Vernunft bestimmt. Die letztgenannte Bezeichnung betrifft in der Tat eine Eigenschaft des aristotelischen Gedankensystems, die für dasselbe und auch für die Lebensauffassung der Menschheit überhaupt am verhängnisvollsten geworden

ist. Die göttliche Vernunft, die Aristoteles aus rein spekulativen Gründen konstruierte, wurde nämlich ein willkommener Bundesgenosse der spätantiken und noch mehr der mittelalterlichen Frömmigkeitsbestrebungen. Man setzte ein Gleichheitszeichen zwischen sie und die göttliche Macht in den Schöpfungsmythen und erhielt auf diese Weise ein dem Anschein nach wissenschaftliches, in Wirklichkeit aber auf Sagen aus dem Kindesalter der Menschheit beruhendes Bild des Weltgeschehens, das gerade wegen seiner Quasiwissenschaftlichkeit äußerst schwer mit Gründen und Beweisen zu bekämpfen war, während es von der Autorität der Kirche gehegt und von geistlichen und weltlichen Mächten geschützt wurde. In früheren Abschnitten dieses Buches wurde schon berichtet, wie die führenden Männer der Naturwissenschaft in der Renaissancezeit den Kampf mit dem Aristotelismus aufnahmen, den nicht nur die kirchliche Autorität schützte, sondern auch die unbegrenzte Ehrfurcht jener Zeit vor der antiken Wissenschaft fast unangreifbar machte. Wir sahen, wie Cusanus und Bruno im Gegensatz zu Aristoteles' sphärischem Universum für die Unendlichkeit des Weltraumes eintraten, wie Francis Bacon rücksichtslos das Wesen der abstrakten Konstruktionen der antiken Philosophie aufdeckte und den Forschern die Beobachtung der Natur selbst anempfahl, wie Galilei auf Grund seines Beobachtungsmateriales und matematisch bindender Beweise die Lehre von der unveränderlichen Regelmäßigkeit der Himmelsregion zunichte machte und gleichzeitig die rein mechanische Gesetzmäßigkeit des Bewegungsphänomens auf der Erde bewies, wie Harvey durch die Entdeckung des Blutkreislaufes einen rein mechanischen Verlauf in demjenigen Lebensvorgang nachwies, der nach der alten Lehre der Mittelpunkt des Seelenlebens sein sollte. Aber wenn auch noch so viele Mängel im einzelnen an dem alten System nachgewiesen wurden, so hielt es sich doch unerschüttert dank seines konsequent durchgeführten Gefüges, und es bedurfte eines ganz neuen Denksystems, um das alte zu Fall zu bringen. Während des ganzen 17. Jahrhunderts arbeiteten scharfsinnige Denker an der Schaffung eines solchen Systems, aber die starke Seite des aristotelischen Weltbildes, seine eiserne Konsequenz und klare Übersichtlichkeit, zeigte sich jetzt erst im schärfsten Lichte, wo es allen Angriffen lange widerstand, bis es endlich doch zu Fall kommen mußte. Eine Übersicht über diesen Kampf zwischen dem Aristotelismus und den neuen Denksystemen ist zur Einleitung in die Geschichte der modernen Biologie um so notwendiger, als durch ihn nicht nur unsere heutige Wissenschaft, sondern in der Tat auch die ganze Lebensauffassung des heutigen Menschen überhaupt zustande kam. Indessen steht die Naturauffassung unserer Zeit durchaus nicht nur auf dem Boden der von Galilei begründeten reinen Mechanik, sondern es versteht sich von selbst, daß ansehn-

liche Teile des besiegten Aristotelismus von ihr aufgenommen worden sind. Außerdem traten gegen den Aristotelismus auch solche Denker auf, die aus dem Neuplatonismus und anderen ähnlichen Ideensystemen eine rein mystische Naturanschauung schöpften. Auch diese hat ihre für den Menschengeist verlockenden Eigenschaften gehabt, besonders die, daß sie eine einheitliche Auffassung sowohl der materiellen, als auch der ideellen Seiten des Daseins zuließ. Diese Richtung hatte besonders in der Renaissancezeit großen Anschluß — das leuchtendste Beispiel ist Bruno — und sie hat deshalb auch starke Spuren in der modernen Naturwissenschaft hinterlassen. In den folgenden Kapiteln soll der Versuch gemacht werden zu zeigen, wie diese verschiedenen Elemente in der Naturauffassung unserer Zeit hervortreten.

Kapitel XVI.

Die mechanischen Natursysteme.

Man hat das 17. Jahrhundert die Zeit der großen Gedankensysteme genannt, in der alles das Viele, was die Renaissance zuwege gebracht, zusammengefaßt und geordnet wurde. Ordnung und System war es in der Tat, was dieses Zeitalter auf allen Gebieten des Lebens anstrebte — im Staatsleben sammelte sich alle Macht in den Händen unumschränkter Fürsten, die durch strenge Regierungsweise allen Widerstand seitens ihrer Untertanen unterdrückten und geordnete Verwaltungsverhältnisse an Stelle der im Mittelalter und der Renaissancezeit herrschenden Unruhe schufen; auf religiösem Gebiete schlossen sich die verschiedenen Bekenntnisse zu festen kirchlichen Organisationen zusammen, die keine Abweichungen von ihren streng formulierten Dogmen zuließen. Eine solche Zeit mußte eben auch geeignet sein, fest umgrenzte Systeme auf wissenschaftlichem Gebiete zu schaffen, und es kamen in der Tat ihrer eine Menge von verschiedenem Gedankeninhalt, aber alle fest formuliert, mehr dogmatisch als kritisch, mehr auf Spekulation als auf Beobachtung beruhend, in dieser Zeit zutage. Unter ihnen verdienen einige, die in höherem Grade den Entwicklungsgang der biologischen Wissenschaft beeinflußt haben, näher erwähnt zu werden.

René Descartes (in seinen lateinischen Schriften nennt er sich Cartesius) ist überhaupt der Bahnbrecher unter den systematischen Denkern des 17. Jahrhunderts. Geboren 1596 als Sohn wohlhabender Eltern konnte er sich während seines ganzen Lebens ungestört der Forschungsarbeit widmen. Aus der Bretagne stammend, wurde er von Jesuiten erzogen, hielt sich einige Jahre in Paris auf und stand eine zeitlang als Ingenieuroffizier im Dienste fremder Staaten. Um nicht

von der katholischen Kirche in seinen wissenschaftlichen Bestrebungen gehindert zu werden, ließ er sich nachher in Holland nieder, wo seine wichtigsten Arbeiten zustande kamen. Während einer Reise in Schweden starb er in Stockholm im Jahre 1650.

Descartes war gleich Pythagoras und Platon Mathematiker und gleich diesen geneigt zu abstrakten Spekulationen. Sein Streben ging dahin, der Wissenschaft eine fest und für alle möglichen Vorkommnisse gültige Grundlage zu schaffen und alle zufälligen Momente dabei auszuschließen. Zu den letzteren rechnete er in erster Linie alle Sinneseindrücke, und um diese auszuschalten, beschloß er, an allem Sein zu zweifeln. Der Zweifel selbst jedoch bewies, daß er dachte, und das Denken gab ihm den Beweis, daß er war: „je pense, donc je suis", wurde sein oft zitierter Ausgangspunkt. Auf dieser Grundlage baut er sodann nach dem Grundsatz, das Zusammengesetzte müsse aus seinen einfachen Bestandteilen erklärt werden, seine Auffassung vom Dasein auf. Zuerst konstruiert er aus dem menschlichen Gedanken einen Gottesbegriff, da die endliche und unvollkommene Persönlichkeit des Menschen einen unendlichen und vollkommenen Ursprung voraussetzt. Glauben wir hieran, so müssen wir uns auch auf unsere Sinneswahrnehmungen verlassen können, denn Gott hat sie uns nicht ohne Grund gegeben. Durch die Sinne erfahren wir, daß die Materie existiert. Die einfachsten und darum wesentlichsten Eigenschaften dieser sind Ausdehnung, Teilbarkeit und Beweglichkeit. Die Form dagegen, die Aristoteles bekanntlich zur Hauptsache machte, ist von zufälliger und daher untergeordneter Bedeutung. Auch die Atomlehre wird von Descartes verworfen, denn sie widerspricht dem Prinzip der Teilbarkeit. Ebensowenig findet sich ein leerer Raum, denn alles Seiende muß ja Ausdehnung haben. Auf diesen Grundsätzen, Ausdehnung, Teilbarkeit und Beweglichkeit, baut Descartes seine Lehre von der Materie auf, sowohl der unbelebten als auch der lebenden, und er verwirft ganz die Theorie von den Zweckmäßigkeitsgründen, denn es wäre vermessen, der unergründlichen und unendlichen Gottheit begrenzte Absichten zuzuschreiben. Die einzig vernünftige Erklärung des Weltalls sei, es als Maschine zu betrachten. Durch Wirbelbewegungen in der Materie hat diese sich zu Himmelskörpern geballt, und Bewegung ist alles Geschehen in der Natur. Nach diesem Grundsatz sucht er auch das Phänomen des Lebens, nämlich des körperlichen, zu erklären. Es verläuft nach seiner Meinung rein mechanisch, ohne Eingreifen der von den Anhängern des Aristoteles angenommenen animalischen und vegetativen, oder anderer geistiger Kräfte. Eine Bestätigung dieser Auffassung des lebenden Körpers als eines Mechanismus sah Descartes in Harveys Entdeckung des Blutkreislaufes, die er mit Begeisterung begrüßte, und zu deren Anerkennung er kräftig beitrug,

was an sich schon hinreichte, ihm einen Platz in der Geschichte der Biologie zu sichern. Indem er also aus Harveys Beobachtungen Schlüsse zog, die dieser rechtgläubige Aristoteliker sich nie hätte denken können, schuf er seine Theorie des menschlichen Körpers als Mechanismus, die man die Grundlage der modernen Physiologie nennen kann. Besonders suchte er die Funktion des Nervensystems mechanisch zu erklären. Vom Gehirn gingen, meinte er, Bewegungsströme durch die Nerven zu den Muskeln, die durch Impulse vom Gehirn in Bewegung versetzt würden. Solche Impulse brauchten keineswegs bewußt zu sein, denn sie können unter völliger Abwesenheit der Gedanken „wie in einer Maschine“ erfolgen. Demnach können Sinneseindrücke unmittelbar Bewegungen hervorrufen dadurch, daß die Nervenströme zurückgeworfen, reflektiert würden. Er hat also das Phänomen der Reflexbewegung erkannt, beschrieben und von seinem Standpunkt aus erklärt. Von den Tieren nimmt er an, daß alle ihre Lebensäußerungen auf solchen Reflexen beruhen; eine Seele könne man ihnen seiner Meinung nach nicht zuschreiben. Daß der Mensch eine Seele habe, hält Descartes durch das Vorhandensein des Bewußtseins für bewiesen und betrachtet sie als eine Substanz, deren Dasein von dem des Körpers ganz unabhängig sei. Nur in einem Punkt, meint er, finde ein Zusammenwirken von Seele und Körper statt, nämlich in der Glandula pinealis, der Zirbeldrüse, wo die Ströme des Nervensystems auf die Seele einwirken und ihr Sinneseindrücke vermitteln, während wiederum durch die Einwirkungen der Seelensubstanz auf das Nervensystem von hier aus bewußte Handlungen hervorgerufen würden.

Auf diese Weise schuf Descartes eine rein mechanische Welttheorie, wo alle Geschehnisse mit mathematischer Notwendigkeit erfolgen, wo es weder der zufälligen Bewegungen der Atome, noch des direkten Eingreifens der Gottheit bedarf, um den Gang der Dinge zu gewährleisten. Man erkennt deutlich, daß die großen Entdeckungen der Renaissance die Vorbedingung für seine Theorie bildeten. Er selbst aber wollte keine Vorgänger anerkennen, und die Anerkennung, die er Harvey zollt, ist eine Ausnahme, denn er war ein vorsichtiger Mann und Galileis Schicksal hatte auf ihn einen tiefen Eindruck gemacht. Ängstlich vermied er es, bei der Kirche Anstoß zu erregen, und erwies ihr stets tiefe Ehrfurcht, wie überhaupt seine Art, Konflikte zu vermeiden, eher findig als mutig war. So versichert er, seine Schöpfungstheorie sei bloß ein Gedankenspiel, man könne sich die Entstehung des Weltalls in der Weise seiner Theorie vorstellen, aber man wisse ja, daß die kirchliche Schöpfungslehre die richtige wäre. Solches zugleich mit seiner unablässigen Betonung der unsterblichen Seele des Menschen bewirkte, daß übrigens eine Menge hochgestellter geistlicher Herren seine Lehre anzunehmen wagte, und so schlich sich, kann man sagen, die mechanische Welterklärung

in das Bewußtsein der Menschen ein und verdrängte den Aristotelismus. Und in der Tat hatte die neue Welterklärung, die man den Cartesianismus nannte, große Vorzüge vor der alten, vor allen Dingen in ihrer Anwendung der neugewonnenen Forschungsergebnisse auf den Gebieten der Physik, Astronomie und Biologie. Sie hatte aber auch ihre schwachen Seiten. Besonders die Frage vom Verhältnis des Bewußtseins zu den materiellen Dingen, oder mit anderen Worten das Verhältnis der Seele zum Körper hat Descartes viel beschäftigt und wurde schließlich auf eine wenig glückliche Art gelöst. Für Aristoteles war diese Frage nicht da, denn er stellte die Seele der Form gleich und hatte damit den Gegenstand erledigt, zumal ihn, wie überhaupt die antiken Denker, das individuelle Leben wenig interessierte. Das späte Altertum und mehr noch das Christentum hatten dagegen dieses Problem fleißig behandelt, und nun, wo man die Erscheinungen der Materie rein mechanisch erklärte, spitzte sich die Frage außerordentlich zu und wurde für eine lange Zeit die wichtigste auf der Tagesordnung. Für die Biologie, die ja in erster Linie sich mit den materiellen Erscheinungen des Lebens beschäftigt, hatte diese Frage bloß eine indirekte Bedeutung. Aber dennoch hat sie auch auf viele rein biologische Probleme ihre Wirkung ausgeübt und kann deshalb hier nicht übergangen werden. Auf diesem Gebiete war es gerade auch, wo der Cartesianismus den stärksten Widerstand fand und eben auch von der Seite solcher Forscher, die nicht mehr auf dem Standpunkt des Aristoteles standen. In Frankreich war es vor allem Pierre Gassendi (1592 bis 1655), der als Descartes' Gegner auftrat. Er war der Sohn armer Eltern, brachte es aber in der Kirche zu hohen Würden. Als Denker versuchte er, die antike Atomtheorie wieder zu beleben und schrieb eine Verteidigung des Epikuros, der im Mittelalter Gegenstand allgemeinen Abscheus gewesen war. Gegen Descartes führte er an, daß dessen Schlußfolgerung, das Denken sei der Beweis für das Sein, nicht stichhaltig wäre. Im übrigen war Gassendi ein großer Bewunderer von Galileis Entdeckungen auf dem Gebiete der Physik, die er zum Teil mit Geschick bearbeitete. Als Priester war er jedoch gezwungen, das Copernikanische Weltsystem zu leugnen. Die Wärme hielt er für die Seele im Dasein. Das Verhältnis zwischen der Materie und dem menschlichen Wissen suchte er in derselben Weise zu erklären wie Lucretius, erkannte aber, daß da unösbare Schwierigkeiten vorlagen. Als Priester mußte er außerdem natürlich das Vorhandensein einer unsterblichen Seele betonen.

Ein anderer Denker, der eine ausgeprägt mechanische Auffassung vom Leben vertrat, war der Engländer Thomas Hobbes. Er hatte in Oxford studiert, war viel durch Europa gereist und verbrachte später den größten Teil seines Lebens als Privatgelehrter. Er starb 1679 im Alter von 91 Jahren. Für ihn war alles Geschehen Bewegung, die Sinnesein-

drücke z. B. Bewegungen im Nervensystem, hervorgerufen als Reaktion auf Bewegungen in der Umwelt. Meist erörterte Hobbes jedoch Fragen der Ethik und Staatslehre und hatte für Biologie kein Interesse.

Dasselbe gilt von einem anderen Denker, der merkwürdigerweise dennoch eine nicht unbedeutende Rolle in der Geschichte der Biologie gespielt hat, nämlich Baruch Spinoza. Geboren in Amsterdam im Jahre 1632 als Sohn jüdischer Eltern, wurde er zum Rabbiner ausgebildet, aber da er sich nicht nach den Lehren der Synagoge richtete, aus ihr ausgeschlossen, und lebte hernach in äußerster Zurückgezogenheit, indem er seinen Unterhalt durch Schleifen von Brillen erwarb. Er starb im Jahre 1677. Nur wenige frei gesinnte Personen wagten, solange er lebte, ihre Bekanntschaft mit dem Gebannten zu bekennen, und seine Schriften, obgleich sie teilweise sehr bewundert wurden, gewannen doch erst spät allgemeine Anerkennung. Er selbst entging sicher nur dank seines milden, anspruchslosen Wesens und seiner zurückgezogenen Lebensweise dem Schicksal, das Opfer religiösen Fanatismus zu werden, denn auch in dem verhältnismäßig freisinnigen Holland war Unduldsamkeit gegen Andersdenkende in jenen Zeiten keine Seltenheit.

Spinozas Gedankensystem ist eines von den großartigsten und einheitlichsten in der Geschichte der Menschheit, einer der geistreichsten Versuche, den Zwiespalt zwischen Bewußtsein und Materie, den der Cartesianismus hervorgerufen, zu lösen. Geleitet wird er dabei von seiner aus seinem jüdischen Kinderglauben stammenden Ehrfurcht vor dem Unendlichen, Ewigen und Unveränderlichen, „das in sich selbst ist und aus sich selbst begriffen wird“. Er nennt es die Substanz, das wovon alle Dinge, die existieren, Teile sind. Diese unveränderliche Substanz hat unendlich viele Grundformen, in denen sie auftritt, von denen wir Menschen jedoch nur zwei unterscheiden können — die materielle Ausdehnung und das geistige Bewußtsein. Diese können auf keine Weise aus einander erklärt werden, wohl aber können beide zurückgeführt werden auf die Substanz, aus der sie stammen, und daher kann man auch von den Gesetzen, die für das eine gelten, auf diejenigen des anderen schließen — die Gesetze der menschlichen Vernunft gelten also unbedingt auch in der Natur. Aus der Unveränderlichkeit der Substanz geht hervor, daß die Entwicklung, die wir sehen, nur scheinbar ist. Alles kehrt nach einem kurzen individuellen Dasein zur Substanz zurück, wie die Welle ins Meer sinkt und neuen Individuen von gleich ephemerem Dasein Platz macht. Wissen zu erlangen über die Substanz ist des Menschen höchstes Ziel, das aber nicht auf dem Wege des Denkens, sondern nur durch unmittelbare innere Anschauung erreicht werden kann. Spinoza endet also im Mystizismus, der wohl auch auf jüdisch-orientalischem Einfluß beruht. Dabei ist es merkwürdig, daß sein System trotzdem und ungeachtet

seiner vollständigen Verneinung jeder Entwicklung Gegenstand vieler Bewunderung wurde von seiten der Naturphilosophen späterer Zeiten, die gerade die Entwicklung zum Ziel ihrer Forschungen machten. Goethe wurde von ihm stark beeinflußt, und in der letzten Zeit haben Haeckel und die von ihm geleiteten Monisten sehr für Spinoza geschwärmt, im Grunde vielleicht mehr wegen seiner Verfolgung seitens der religiösen Behörden als auf Grund des Inhaltes seiner äußerst schwer verständlichen Schriften.

Einen Gegensatz zu Spinoza bildet in vieler Hinsicht ein jüngerer Zeitgenosse von ihm Gottfried Wilhelm Leibniz. Geboren im Jahre 1646 in Leipzig als Sohn eines Professors, entwickelte er sich zu einem Wunderkinde, hatte als Knabe schon das meiste von der klassischen Literatur gelesen und verteidigte im Alter von 17 Jahren seine Doktorschrift. Mathematik und Jura interessierten ihn am meisten und für die erstgenannte Wissenschaft wurde er ein Bahnbrecher. Die Rechtswissenschaft dagegen benötigte er in seiner Stellung als Beamter und diplomatischer Vertreter an den Höfen deutscher Kleinstaaten. Er starb 1716 in Hannover. Während seines ganzen Lebens war er unerhört fleißig, und sein Interesse unglaublich vielseitig. Während seiner Reisen in den meisten Kulturländern war er mit den hervorragendsten Männern seiner Zeit bekannt geworden, und in kulturellen Fragen wurde oft sein Rat eingeholt. Peter der Große von Rußland korrespondierte ebenso mit ihm wie die Gelehrten Westeuropas. Und da sein Gemüt ebenso friedfertig war, wie seine Interessen universal, suchte er überall zu versöhnen und zu vereinigen. Eine zeitlang erwog er eine Universalwissenschaft, in der alles menschliche Wissen durch kurze Formeln vertreten sein sollte, bei einer anderen Gelegenheit arbeitete er auf eine Vereinigung aller christlichen Kirchen hin. Dasselbe Streben nach Versöhnung entgegengesetzter Ansichten beherrschte auch seine Naturphilosophie. Er sucht nämlich nachzuweisen, daß die Lehre der Kirche von Gottes Weltregierung und eine mechanische Erklärung der Welt seitens der Wissenschaft sich keineswegs gegenseitig auszuschließen brauchen, sondern sich vielmehr ergänzen können.

Als Naturphilosoph ging Leibniz von der Atomlehre aus. Da er jedoch fand, daß es unmöglich sei, Bewußtsein und Seelenäußerungen überhaupt aus Atombewegungen abzuleiten, suchte er einen Ausweg, indem er annahm, das Weltall sei aus Einheiten ideeller, nicht materieller, Natur zusammengesetzt. Den Anlaß zu dieser Theorie gab ihm das damals neuerfundene Mikroskop, durch das man ja sehen konnte, daß es in jedem Wassertropfen von Leben wimmelt, daß überall Leben zu finden ist, wo auch das Auge nichts sieht. Es lag also nahe, anzunehmen, daß die kleinsten Teilchen der Dinge Lebenselemente wären, keine toten Atome, sondern lebende Monaden, wie sie Leibniz nannte. Diese Monaden

wären, meinte er, von unendlich verschiedener Art und höheren und niederen Abstufungen. Die Menschenseele sei eine solche Monade, die Bewußtsein habe, das Tierleben bestehe aus niederen Monaden ohne Bewußtsein, aber mit Empfindung, die Monaden der Pflanzen leben, aber empfinden nicht, die Monaden der unbelebten Natur befänden sich in einem indifferenten Zustande, wie in einem traumlosen Schlaf, auch der Körper des Menschen bestehe aus Monaden dieser Sorte. Die Tätigkeit der Monaden sei nicht Bewegung, wie die Atomlehre annahm, denn Bewegung ist etwas Relatives, sondern ihr Wesen sei Kraft, Conatus, wie Leibniz sich ausdrückt. Dadurch haben sie, jede für sich, eine Vorstellung vom Dasein, die einen in höherem, die anderen in niederem Grade. Aufeinander wirken sie dagegen nicht ein, sondern ihre gegenseitigen Beziehungen ordnet eine harmonische Weltordnung, wie sie von Gott, der höchsten Monade, von Anbeginn geschaffen wurde. Der menschliche Körper funktioniert also kraft der Harmonie des Daseins zugleich und im Einklang mit der Seele, gleichsam wie zwei Uhren, die ganz gleich gehen. Ebenso wirken zusammen auch das Reich der Natur und das der Gnade. Diese ganze äußerst abstrakte Spekulation sollte eigentlich nichts mit Naturwissenschaft gemein haben. Indessen hat Leibniz in der Tat einen großen Einfluß auf die Naturforschung gehabt, teils dadurch, daß er das Interesse für das Leben sowohl in seiner großen Mannigfaltigkeit, als auch in seinen kleinsten Formen weckte, besonders aber durch die Hervorhebung des Kraftbegriffes als Grund der Naturerscheinungen an Stelle der auch von Descartes angenommenen Bewegung. Auch sein Streben, die Reiche der Natur und der Gnade miteinander zu versöhnen, erscheint der Naturforschung unserer Zeit fremd, wirkte aber nicht abstoßend zu einer Zeit, als noch die hervorragendsten Naturforscher zugleich fromme Christen und jeder seiner Kirche ergeben waren. So verhielt sich Galilei, und so waren auch seine beiden Nachfolger, die am meisten dazu beigetragen haben, der Naturforschung ein modernes Gepräge zu geben — Boyle und Newton. Diese zwei verdienen um so mehr hier angeführt zu werden, als ihr Wirken mächtig, wenn auch indirekt, die Entwicklung der Biologie beeinflußt hat.

Robert Boyle (1627—1691) wird allgemein für den ersten modernen Chemiker angesehen, insofern als er bestimmt mit den mystischen Spekulationen der Alchimisten brach und als Aufgabe der Chemie die Trennung zusammengesetzter Stoffe nach ihren Bestandteilen hinstellte. Er befreite also die experimentelle Methode von den phantastischen und zaubereiähnlichen Zielen und Mitteln des Mittelalters und schuf eine auf vernünftigen Berechnungen begründete naturwissenschaftliche Methode. Dagegen hatte er wenig Sinn für spekulative Fragen und nahm die allgemeine Weltanschauung der Kirche ohne Vorbehalt an.

Weit berühmter und von größerem Einfluß auf die geistige Entwicklung der Menschheit war Isaac Newton, einer von den größten Bahnbrechern aller Zeiten im Gebiet der Naturwissenschaft. Geboren 1642 in einer Bauernfamilie, studierte er in Cambridge, wo er später während vieler Jahre eine Professur bekleidete, wurde im Alter Direktor der Münze in London und starb 84 Jahre alt, geehrt und angesehen, wie nur wenige Männer der Wissenschaft. Er war stets bekannt für seine freisinnigen politischen Ansichten, liebenswürdig, anspruchslos und von warmer Religiosität.

Newtons Entdeckungen auf mathematischem und optischem Gebiet sind allgemein bekannt. Am bekanntesten aber und auch kulturhistorisch am wichtigsten ist seine Gravitationstheorie. Galilei hatte bekanntlich festgestellt, daß die Bewegungen der Körper auf unserer Erde gewissen mathematisch berechenbaren Gesetzen unterworfen sind. Newton bewies nun, daß dieselben Gesetze, die für die Bewegungen auf der Erde gelten, auch die Bewegungen der Himmelskörper und ihre Beziehungen zueinander beherrschen. Die Erzählung ist ja allbekannt, wie er in seiner Jugend beim Anblick eines fallenden Apfels nachzudenken begann, inwiefern man die Bewegung des Mondes um die Erde nach demselben Gesetze berechnen könne, das für den Fall des Apfels gilt. 20 Jahre lang arbeitete er dann an der Durchführung seiner Idee, und das Ergebnis war der bekannte Satz, daß Körper einander anziehen mit einer Kraft, die direkt proportional der Masse und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung ist. Die außerordentliche Bedeutung dieser Entdeckung wurde keineswegs gleich allen klar. Sie widersprach sowohl den Spekulationen der Philosophen der Descartesschen Richtung, als auch den Lehren der Theologen und erst nach einigen Jahrzehnten wurde es der Menschheit klar, daß hier der Grund für eine neue Auffassung des Weltalls gelegt war. Zum Teil beruhte diese Verzögerung darauf, daß Newton selbst in gewisser Hinsicht auf einem recht altertümlichen Standpunkt stehen geblieben war. Zwar war es ihm ebenso wie Galilei klar, daß die Ursache der Eigenschaften der Schwere nicht aus den Phänomenen abgeleitet werden kann, und „Hypothesen mache ich nicht", sagte er und nahm auch das Recht in Anspruch, aus dem Vorhandensein von Eigenschaften bei den untersuchten Körpern auf ihr Vorkommen bei allen Körpern zu schließen, war aber dennoch fest überzeugt, daß die Zweckmäßigkeit in der Natur die Existenz eines persönlichen Gottes als Erschaffer des Weltganzen und auch als Erhalter desselben zur Voraussetzung habe, denn die Unregelmäßigkeiten, die der Gang der Himmelskörper sehen läßt, müßten gelegentlich durch persönliches Eingreifen des Schöpfers verbessert werden. Diese letzterwähnte Annahme, welche Leibniz veranlaßte, Newtons Weltsystem mit einer Uhr zu vergleichen, die von

Zeit zu Zeit gestellt werden müsse, um richtig zu gehen, zeugt deutlich von der kindlichen Frömmigkeit, die neben der Gedankenschärfe Newton beherrschte und seiner ganzen Persönlichkeit jenes Gepräge einer Vereinigung von alt und neu verleiht, das man so oft bei Forschern dieser Übergangszeit findet. Dem Geschlechte des 18. Jahrhunderts blieb es vorbehalten, die überlieferten Vorstellungen vom Bau der Welt gänzlich abzustreifen und an ihrer Stelle jene Auffassung des Daseins zu schaffen, die seitdem gilt. Der Mann, der in dieser Hinsicht mehr als andere einen bestimmenden Einfluß ausgeübt hat, pflegt gewöhnlich und mit Recht nicht zu den Männern der Wissenschaft gerechnet zu werden, obwohl er die meisten von ihnen an Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft übertraf. Dieser Mann war Voltaire.

François Marie Arouet de Voltaire ist eine von den in der Geschichte der Weltkultur am meisten bekannten und umstrittenen Persönlichkeiten, die von ihren Bewunderern kritiklos in den Himmel erhoben, von ihren Feinden ohne Maß geschmäht wurde. Während seines langen Lebens (1694—1778) übte er auf allen Gebieten des Menschengeistes, wie vielleicht kein anderer, einen rein kulturellen Einfluß aus. Als Literat von bürgerlicher Herkunft hatte er sich in Paris bereits durch seine Schlagfertigkeit und seinen Widerspruchsgeist einen Namen gemacht, als er, ausgewiesen von der Regierung, seine Zuflucht in England suchen mußte. Hier lebte er 3 Jahre (1726—1729) und kehrte heim erfüllt von neuen Ideen, deren Verbreitung sein ganzes späteres Leben gewidmet war. Besonders hatten ihn Newtons Entdeckungen auf dem Gebiete der Physik und Astronomie interessiert. Indem er diese mit einem Teil der Ideen von Leibniz kombinierte, stellte er eine Theorie vom Weltall auf, die nicht nur rein mechanisch war — so war schon die cartesianische gewesen — sondern auch auf mathematisch berechenbaren Tatsachen beruhte und daher mit unumstößlicher Autorität wirken mußte. Seine glänzende schriftstellerische Begabung und Kunst, populär zu schreiben, stellte er unermüdlich in den Dienst der Verbreitung seiner Theorie, und ihm hat es Newton zu verdanken, daß seine Entdeckung innerhalb einiger Jahrzehnte im ganzen gebildeten Europa bekannt wurde. Voltaire stand also gewissermaßen im selben Verhältnis zu Newton, wie später Haeckel zu Darwin. An Haeckel erinnert Voltaire auch darin, daß er seine naturwissenschaftliche Theorie einer allgemeinen Weltanschauung zugrunde legte, auf die er sich unaufhörlich berief in seinen Kämpfen gegen die kirchlichen Autoritäten, deren Schöpfungs- und Wunderberichte er vom Standpunkte seiner Theorie aus verhöhnte. Aus seiner Zeit stammt die Gewohnheit, „Naturgesetze" als Beweise gegen das in der Kirche überlieferte Weltbild anzuführen. Im übrigen bildete Voltaires Weltanschauung an sich keineswegs einen so radikalen Bruch

mit der alten. Er glaubte sowohl an einen persönlichen Gott, als auch an die Zweckmäßigkeit der Natur, was ebenfalls noch dazu beitrug, das neue Weltbild der großen Menge weniger anstößig erscheinen zu lassen. Und so geschah es, daß seine Lehre eine seltsam tiefgehende Umwertung der Lebensauffassung der Menschheit zur Folge hatte.

Mit der von Voltaire eingeleiteten, sogenannten Aufklärungszeit kann man also die im Altertum geschaffene und durch das ganze Mittelalter geltend gewesene Auffassung von der Natur als endgültig überwunden ansehen. Indessen wäre es eine Übertreibung, wollten wir annehmen, daß der Voltairianismus ganz und gar seine Zeit beherrscht hätte. Außer den immer noch zahlreichen Anhängern der alten Überlieferung, gab es in der Aufklärungszeit Anhänger der oben erwähnten mystischen Richtungen, und ihre Zahl vermehrte sich noch in dieser Zeit. Der naturwissenschaftliche Mystizismus spielte während der ganzen soeben geschilderten Periode eine bedeutende Rolle und äußerte seinen Einfluß auch auf sonst recht kritisch veranlagte Forscher, ganz abgesehen von solchen Anhängern, die ganz in seinen Zielen und Bestrebungen aufgingen. Seine Anfänge liegen weit zurück und seine Ausläufer sind noch in der scheinbar so exakten Naturforschung unserer Tage zu spüren. Daher verdient seine Entwicklung in einem besonderen Kapitel behandelt zu werden, das uns zu Beginn in die Zeit der Renaissance zurückführen muß.

Kapitel XVII.

Mystisch-naturwissenschaftliche Spekulationen.

In einem früheren Abschnitt dieser Arbeit wurde hervorgehoben, wie groß die Rolle war, welche die mystischen Spekulationen in der Wissenschaft der Renaissance spielten, zumal auch bei ihren besten Vertretern, einem Cusanus, einem Bruno. In der Tat hatte sich durch den Untergang der Scholastik in der Wissenschaft ein Feld für wilde Phantastereien eröffnet, die scheinbar Gemeingut aller Zeiten und Völker sind, wenn sie auch des öfteren in die Verborgenheit zurückgedrängt, sich aus Scheu vor der Autorität und Kritik der Gelehrsamkeit und ihrem Spott nicht hervorwagen. Nachgewiesenermaßen haben mystische Spekulationen und magische Experimente selten in dem Grade als Wissenschaft auftreten und gelten können, wie in der Renaissance.

Diese ganze Renaissancemagie erwuchs aus den verschiedensten Vorbedingungen, uraltem Volksaberglauben, aus dem Orient stammender kabbalistischer Auslegung der Bücher der Bibel nebst einer Menge apokryphischer Zusätze, arabischer Experimentalwissenschaft und ihrer abendländischen Fortsetzung. Schließlich gab die neuplatonische Philo-

sophie in ihren Anweisungen, durch innere Anschauung unmittelbar eine mystische Gesamtauffassung alles Seienden, sei es Geist oder Materie, lebende oder leblose Dinge, zu gewinnen, allen diesen verschiedenartigen Elementen eine gemeinsame Grundlage. Ideen solchen Ursprunges und mit solchen Zielen haben, so fremd sie auch den Zielen und Mitteln der Naturforschung waren, dennoch einen tiefgehenden Einfluß auf ihre Entwicklung gehabt, indem sie in einer Zeit, wo die Wissenschaft in planlose Einzelforschung zu zerfallen drohte, das Streben nach einheitlichen Gesichtspunkten wach rief und andererseits Liebe zur Natur weckte, als die Menschheit im Begriff stand, sich ganz der abstrakten philosophischen Spekulation zuzuwenden.

Die Renaissance hat eine Menge Persönlichkeiten dieses mystischen, halb experimentierenden, halb grübelnden Typus aufzuweisen, den Italiener Pico de Mirandola, den Deutschen Heinrich von Nettesheim, genannt Cornelius Agrippa, Trithemius und etliche andere. Für die Geschichte der Biologie haben sie jedoch ziemlich wenig Interesse, wenn auch ihre Ideen in gewissen Fällen vielleicht mittelbar auf die Entwicklung der Biologie in der Folgezeit von Einfluß gewesen sind. Weit tiefer als die oben genannten hat ein Zeitgenosse von ihnen in den Gang der Entwicklung der Biologie eingegriffen, ein Mann, dessen Lebenslauf auch sonst von ungemeinem Interesse ist, nämlich Paracelsus.

Theophrast Hohenheim wurde im Jahre 1490 oder etwas später bei dem berühmten Wallfahrtskloster Maria-Einsiedeln im Kanton Schwyz in der Schweiz geboren. Den Namen Paracelsus, unter dem er meist gekannt ist, hat er sich später selbst zugelegt[1]). Sein Vater soll ein unehelicher Sohn eines Johanniterritters aus dem vornehmen Geschlecht Bombast von Hohenheim gewesen sein und war Arzt bei dem genannten Kloster. Die Mutter, vermutlich aus einem Bauernhause stammend, war vor ihrer Verheiratung daselbst Krankenpflegerin. Der junge Theophrast, der seinen Taufnamen nach dem großen Botaniker und Schüler von Aristoteles in Athen erhalten hatte, wuchs in ärmlicher Umgebung auf und blieb trotz seines adligen Großvaters in jeder Hinsicht ein Kind aus dem Volke. Er erhielt jedoch einen guten Unterricht teils von seinem Vater, teils von dessen Freunden, ein paar Priestern, und wurde noch jung an Jahren Student in Basel. Er wurde jedoch bald die Scholastik überdrüssig, studierte eine Zeitlang Alchimie bei dem erwähnten Trithemius, einem Abte, der bei seinem Kloster ein Laboratorium ein-

1) Den Namen Paracelsus wandte er als Autornamen in gewissen Schriften an. Er soll bedeuten „höher als Celsus“ (der römische Arzt). Ein anderer Name, den er ebenfalls gebrauchte, war Aureolus Bombastus. Aureolus bedeutet der Goldene, und Bombastus hieß sein Großvater. Bisweilen nennt er sich auch nach seinem Geburtsort Eremita.

gerichtet hatte, und wurde darauf Lehrling in einem Bergwerk in Tirol, wo er Probierkunst und bergmännische Berufsgeheimnisse erlernte. Aber auch dort hielt es ihn nicht lange, und er schloß sich jener Schar gelehrter Abenteurer an, die seit dem Mittelalter unter dem Namen Scholares vagantes oder Bettelstudenten Europa durchstreiften. Der junge Hohenheim nahm die Sache gründlicher als die meisten anderen, und nachdem er Deutschland, Spanien und Frankreich durchwandert, trat er als Feldscher in das Heer ein, mit dem Christian II. im Jahre 1520 Schweden eroberte. Auf diese Weise kam er nach Stockholm, begab sich von hier nach Moskau, dann auf nicht näher bekanntem Wege nach Konstantinopel und von dort schließlich in seine Heimat. Auf diesen Reisen konnte er natürlich viele Universitäten besuchen, weit mehr jedoch als die öffentliche Gelehrsamkeit, interessierten ihn die Dinge, welche er in Volksschichten erfuhr, die zu jener Zeit im Rufe heimlichen Wissens standen, wie Bader, kluge Greise, Zigeuner und Scharfrichter. Seine in dieser Weise erworbene Heilkunst verstand er auf eine sehr nachdrückliche Art an den Mann zu bringen und wurde im Jahre 1526 erster Stadtarzt in Basel mit dem Rechte, die Apotheken in der Stadt zu revidieren und Vorlesungen an der Universität zu halten. Als praktischer Arzt hatte er glänzende Erfolge wegen seiner kühnen Kuren und einfachen billigen Heilmittel. Die Kollegen aber forderte er durch seinen unerhörten Übermut heraus. Er hielt seine Vorlesungen in der Universität auf deutsch und nicht wie üblich lateinisch und leitete sie ein mit einer feierlichen Verbrennung der klassischen medizinischen Lehrbücher, was natürlich noch größeren Haß seitens der übrigen Ärzte zur Folge hatte. Da er außerdem auch noch die Apotheker durch strenge Kritik erbittert hatte und sie gegen ihn intrigierten, mußte er nach wenigen Jahren Basel verlassen. Er begann aufs neue sein Wanderleben, reiste während eines Jahrzehntes in Deutschland von Stadt zu Stadt, erntete überall Ruhm für seine wunderbaren Kuren und Haß wegen seines rücksichtslosen Hochmutes gegen Kollegen und Patienten. Nirgends fand er eine Ruhestatt, sondern mußte mehrmals fliehen, um sein Leben zu retten, bis ihn um das Jahr 1540 der Bischof von Salzburg zu sich berief. Jetzt schienen den Verfolgten bessere Tage zu erwarten, aber bald war seine Zeit um. Im Jahre 1541 starb er eines gewaltsamen Todes, durch einen Unglücksfall in der Betrunkenheit, wie seine Verleumder meinten, von der Hand seiner Feinde nach Ansicht der Freunde. Das wenige, was er besaß, hatte er den Armen vermacht.

Sowohl im Leben wie auch im Tode ist Paracelsus sehr verschieden beurteilt worden. Er wird von einigen als ein frecher Betrüger dargestellt, als ein rücksichtsloser Ausbeuter des Zutrauens und Aberglaubens der Menschen, während andere, sowohl in älteren Zeiten als auch in unseren

Tagen, ihn überschwänglich preisen als einen der kühnsten Geister der Menschheit und der größten Erneuerer der Wissenschaft. In der Tat findet man in seinen Schriften wie in seinem Leben Grund zu beiden Beurteilungen, einerseits kritiklosen Aberglauben, barocke Paradoxen, maßlose Selbstüberhebung und pöbelhafte Polemik, andererseits aber durchgreifende Kritik der Theorien früherer Denker und eigene kühne Gedanken, die der Zeit weit vorauseilen. Ihn als einen bewußten Betrüger zu brandmarken, wäre in jedem Falle ungerecht. Er gehört vielmehr zu einem Menschentypus, der in kulturellen Sturm- und Drangperioden sehr gewöhnlich ist. Solche Himmelsstürmer erhalten leicht den Anschein sowohl von Schwindlern als auch von Narren, was jedoch wirklich große Charaktereigenschaften bei ihnen nicht ausschließt. Solche besaß Paracelsus in der Tat. Seine Güte den Armen gegenüber, sein Eifer, der leidenden Menschheit zu helfen, seine oft schlecht belohnte Treue gegen Freunde sind genügende Beweise dafür. In seinen Schriften preist er oft den Beruf des Arztes als einen hohen und edlen, der nicht nur Kenntnisse, sondern auch Frömmigkeit und Sittlichkeit erfordert. Daneben tritt sein Selbstgefühl zutage, das bisweilen in würdiger Form zum Ausdruck gelangt, wie in seinem Wahlspruch: „nemo sit alterius, qui suus esse potest", aber öfter sich in polterndem Selbstlob äußert, wie z. B.: „Ich sage euch mein Gauchhaar im Gnick weiss mehr dann ihr vnd all ewere Scribenten. Vnd meine Schuchrinken sind gelehrter dann euwer Galenus vnd Auicenna — — ". Seine Siegesgewißheit ist unbegrenzt: „Ich wirdt Monarcha vnd mein wirdt die Monarchey sein — — " „möchte ich meinen Glatz vor den Fliegen als wol beschirmen als mein Monarchey vnd were Meylandt als sicher vor seinen Feinden als ich sicher vor euch, es kämen weder Schweitzer noch Landsknechte hinein." Die Grobheiten, mit denen er seine Polemik würzt, sind von einer Beschaffenheit, daß man sie kaum andeuten kann. Im übrigen ist seine Sprache kraftvoll und originell, er schrieb deutsch wie sein großer Zeitgenosse Luther, dem er in seinen Schriften hohe Bewunderung zollt.

Die wissenschaftlichen Theorien des Paracelsus sind weit schwerer zu charakterisieren als seine Persönlichkeit. Für das Wesentliche in seinem Wirken hielt er stets den Beruf als Arzt und seine allgemeinen Theorien über das Leben beziehen sich stets direkt auf die Krankheiten und ihre Bekämpfung. Als Alchimist, der er ursprünglich war, verachtete er tief die Anatomie, wie überhaupt alles Erforschen von Einzelheiten. Vielmehr betrachtete er den Menschenkörper und seine Funktionen als einen Teil der Welt als Ganzes und daher in Abhängigkeit von den Weltereignissen, wie sie sich auf der Erde und in dem sie umgebenden Himmelsraum abspielen. Das ist ja nun eigentlich dasselbe, was Aristoteles anstrebte, aber während dieser das Problem durch eine Theorie zu lösen suchte,

die in erster Linie die Formen des Seienden berücksichtigte, sah Paracelsus, der sich in der Jugend schon in die Gedankenwelt der mittelalterlichen Alchimie eingelebt hatte, im Dasein einen großen chemischen Prozeß. Das Gedankensystem der Alchimie stützte sich, wie bekannt, auf Experimente von wesentlich magischem Charakter und auf Ideen neuplatonisch-orientalischen Ursprunges, besonders auf die jüdische Kabbala mit ihrem Glauben an die geheime Macht in Worten und Schriftzeichen und den mystischen Zusammenhang zwischen diesen und den Dingen, die sie bezeichnen. Alle diese Elemente gelehrter Spekulation verflocht Paracelsus mit der vielen Volksmagie, die er auf seinen Reisen kennen gelernt, zu einem eigenartigen naturphilosophischen System. Der leitende Gedanke darin stammt wahrscheinlich direkt oder auf Umwegen aus der Kabbala, nämlich der innere Zusammenhang, den Paracelsus zwischen den Himmelskörpern, den Dingen auf der Erde und den Menschen findet. Dieser geheime Zusammenhang, in dessen Erforschung Paracelsus die Aufgabe der Wissenschaft sieht, führt, je mehr man sich hinein vertieft, in eine Mystik, deren Grundzüge für einen modernen Leser ungeheuer schwer zu erfassen sind. Und die systematischen Einteilungen des Stoffes, mit denen Paracelsus nicht spart, machen die Sache gewiß nicht leichter. In einer von seinen hervorragendsten, allgemein wissenschaftlichen Arbeiten, die er selbst unter dem Titel „Paramirum“ herausgegeben hat, teilt er die Krankheitsursachen, von denen er immer ausgeht, in fünf Klassen: Ens astrale, veneni, naturale, spirituale, deale. Was diese verschiedenen „Ens“ eigentlich sein sollen, erfährt man nicht, sie sind eben mystische Kräfte, welche Krankheiten hervorrufen und verschiedenen Ursprungs sind. Das Ens astrale geht von den Sternen aus, die Leben haben und die Atmosphäre vergiften können, etwa wie ein Mensch durch seinen Atem in einem verschlossenen Raum die Luft verdirbt. Ens veneni ist eine Krankheitsursache, die auf Verdauung beruht, denn jedes lebende Wesen hat seine angemessene Nahrung, die von ihm teils zur Ernährung des Körpers verarbeitet wird, teils aber zu einem Gift, das durch die Exkretionsorgane abgeschieden wird. Außer den eigentlichen Exkrementen, die das spezifische Gift eines Körpers sind, wird noch Quecksilber im Schweiß, Schwefel durch die Nase und Arsen durch die Ohren abgesondert — vermutlich erinnerte die gelbe Farbe des Ohrwachses Paracelsus an gewisse Arsenverbindungen. Jedes Wesen also verarbeitet seine Nahrung auf seine Weise, der Ochse das Gras und der Mensch das Fleisch des Ochsen, denn jedes Wesen hat in seinem Körper einen „Alchimisten“, der diese Arbeit leitet und gerät dieser in Unordnung, so wird der Körper krank. Er wird in einer anderen Schrift Archaeus genannt und ist wohl als ein Geisterwesen aufzufassen, denn eine nähere Beschreibung von ihm wird nicht gegeben.

Am eingehendsten wird die dritte Krankheitsursache, das Ens naturale, behandelt, und hier entwickelt Paracelsus seine eigentliche Theorie vom Leben und Weltall. Der menschliche Körper ist ein Mikrokosmus, der seine Gegenstücke in allen Erscheinungen der Außenwelt hat, namentlich in den Himmelskörpern. So entspricht die Leber dem Jupiter, die Gallenblase dem Mars, das Herz der Sonne, das Gehirn dem Monde, die Milz dem Saturn, die Lungen dem Merkur und die Nieren der Venus. Alle diese Organe führen im Körper planetarische Bewegungen aus, und kommen sie in eine ungünstige Lage, so entstehen Krankheiten. Dagegen sind sie unabhängig von der Nahrung und folglich auch von den in diesen enthaltenen Giften. Außerdem aber nehmen am Aufbau des Körpers noch die vier Elemente teil und ferner die Grundstoffe der vier Temperamente, die den vier Geschmackseindrücken, sauer, süß, salzig und bitter entsprechen. Alle diese zirkulieren ebenfalls und können Krankheiten verursachen. Hinsichtlich des Ens spirituale betont Paracelsus den Unterschied zwischen Seele und Geist — die Seele sei ein Werk Gottes, den Geist aber schaffe des Menschen Wille und durch ihn könne der Mensch auf andere wirken. So z. B. könne man durch den Haß anderer Menschen erkranken. Wenn der Feind aus Wachs ein Bildnis anfertigt und einen Teil desselben mißhandelt, so werde in dem entsprechenden Teile der Person, der er schaden will, ein Leiden hervorgerufen — eine Methode, die von Hexen mit Vorliebe angewendet wird. Das Ens deale schließlich ist der göttliche Wille selbst, der Krankheit und Gesundheit verleiht, je nachdem er es für gut hält und gegen den keine Heilmittel helfen, nur Frömmigkeit und Gebet.

In anderen Schriften baut Paracelsus seine Lehre von den Zusammenhängen in der Natur nach verschiedenen Richtungen aus. Eine enthält die Lehre von den „Signaturen" bei den Pflanzen und ihren Zusammenhang mit Krankheiten, so z. B. ist Hypericum, das Johannisblut, ein Mittel gegen Stichwunden wegen seiner perforierten Blätter, die Päonie ein Mittel gegen Gehirnschlag wegen des hirnförmigen Pistills usw. Sich weiter in diese Phantasien zu vertiefen, hat keinen Sinn, da sich der Leser aus den angeführten Beispielen wohl schon ein Bild von ihrer Ungereimtheit hat machen können. Und doch war der Einfluß des Paracelsus groß und tief. In der Medizin war er in vieler Hinsicht bahnbrechend — er trat eifrig für reinliche Behandlung von Wunden ein und daß man sie im übrigen ruhig heilen ließe, er suchte infolge seines Glaubens an spezifische Ursachen der Krankheiten nach einem besonderen Heilmittel für jede Krankheit, und etliche von seinen Heilmethoden haben sich bewährt und erhalten, z. B. Quecksilber gegen Syphilis. Jedenfalls bildete sein Bestreben ein günstiges Gegengewicht gegen die unglückseligen Versuche von Galenus und seinen Schülern, Universalmittel

zu schaffen, die aus allem Möglichen zusammengesetzt, gegen alle Leiden helfen sollten. Aber auch in der Biologie finden wir einen von Paracelsus gelegten Grundstein. Seine Auffassung der Lebensvorgänge als im wesentlichen chemischer Prozesse hat ohne Zweifel den Weg zur modernen Physiologie gebahnt, die sich allerdings nicht entwickeln konnte, bevor die chemische Wissenschaft sich von dem uralten Mystizismus befreit hatte, in den sie bei Paracelsus und noch ein Jahrhundert nach ihm eingehüllt war. Jedenfalls aber bildete schon diese Chemie einen gedankenreicheren Ausgangspunkt zum Verständnis des Stoffwechsels im Körper als die aristotelische Kochungstheorie, der noch Vesalius huldigte. Auch die Spekulation über das Leben als eine mystische, alles Seiende verbindende Macht, die Paracelsus zwar nicht begonnen, aber weiter entwickelt und im Sinne seiner originellen Persönlichkeit ausgeprägt hat, ist ungeachtet ihrer vielen Auswüchse und Absurditäten doch nie ganz unterdrückt worden. Zeitweise ist sie durch eine exaktere, sachliche Forschung beiseite geschoben worden in das Wirkungsfeld der Dilettanten und Quacksalber, aber sie ist nie ganz erloschen und konnte darum zu gewissen Zeiten, beispielsweise in der Periode der Romantik am Anfang des vorigen Jahrhunderts, mit erneuter Kraft wieder aufleben. In solchen Zeiten war es auch, wo das Ansehen des Paracelsus wieder stieg. Die Geschichte muß in jedem Fall seine reiche Begabung, den trotz aller Übertreibungen großzügigen Charakter und die Willenskraft, mit der Paracelsus in einem Leben voll von Mißerfolgen und Not für das kämpfte, was er für das höchste Ziel der Wissenschaft ansah, anerkennen.

Mit seinen Schülern hatte Paracelsus wenig Glück. Gebildete Menschen hielten es nicht lange in seiner Nähe aus, und das Gesindel, das ihn auf seinen Irrfahrten umgab, war kein geeignetes Material für eine wissenschaftliche Schule. Am meisten wirkten seine Schriften, die mit Begierde gelesen wurden und eine Menge von Nachahmungen zur Folge hatten, in denen wohl die Fehler, aber nicht die Vorzüge der echten paracelsischen Schriften hervortreten und die, herausgegeben unter dem Namen des Meisters, mehr als alles andere dazu beigetragen haben, sein Ansehen zu schädigen. Der hervorragendste Nachfolger von Paracelsus erscheint erst ein Menschenalter nach seinem Tode, ein Forscher, der aus Paracelsus' Schriften dessen eigentümliche Auffassung vom Leben und seinen Funktionen sich zu eigen machte und weiter entwickelte.

Jan Baptist van Helmont war von vornehmer und reicher Herkunft und wurde 1577 in Brüssel geboren. Früh vaterlos, entwickelte er sich früh und hatte schon mit 17 Jahren seine philosophischen Universitätsstudien abgeschlossen. Diese genügten ihm jedoch nicht und er begab sich in ein Jesuitenseminar, um dort Theologie von einer

besonders mystischen Richtung zu studieren, und das Grübeln über die Rätsel des Lebens nahm ganz von ihm Besitz. Er vertiefte sich in das Studium der Neuplatoniker und des Paracelsus, für den er sein ganzes Leben hindurch eine große, aber keineswegs unkritische Bewunderung hegte. Im Alter von 22 Jahren wurde er Doktor der Medizin, reiste darauf mehrere Jahre in verschiedenen Ländern, heiratete reich und ließ sich auf einem Gut in seiner Heimat nieder. Seine Zeit verbrachte er mit wissenschaftlicher Forschung und großartiger Wohltätigkeit. Die ärztliche Praxis übte er bloß aus Menschenliebe und unentgeltlich aus. Alle Angebote fester Anstellungen schlug er aus. Er starb 1644.

Van Helmont betrachtete, wie gesagt, Paracelsus als seinen Meister und war mit ihm zweifellos seelenverwandt. Er besaß zwar dessen kühne Genialität nicht, war aber weit gebildeter sowohl in wissenschaftlicher, als auch in sozialer Hinsicht. Persönlich war er mild und liebenswürdig, scheint aber nervös belastet gewesen zu sein, was seinen Spekulationen einen eigenartig exaltierten Charakter verlieh. Er hatte Geistererscheinungen, die er sich suggerierte, indem er in eine starke Lichtquelle starrte, und verließ sich bei seinen wissenschaftlichen Forschungen auf die Eingebungen unmittelbarer innerer Anschauung, die er während der Arbeit am Tag durch exaltiertes Grübeln und in der Nacht in einem Zustande zwischen Schlafen und Wachen erhielt und sehr schätzte. Diese Eingebungen führten ihn übrigens oft genug auf bedenkliche Irrwege, wie z. B. als er die Urzeugung von Ratten in einem Gefäß, wo einige alte Lappen und Kleie verwahrt wurden, nachgewiesen zu haben glaubte, oder als er meinte, Quecksilber in Gold verwandelt zu haben. Diese vermeintliche Entdeckung freute ihn so, daß er seinen gleichzeitig geborenen Sohn Mercurius taufen ließ[1]). Doch hatte er glücklicherweise auch bessere Eingebungen. Eine solche war seine bestimmte Opposition gegen die klassischen Autoritäten Aristoteles und Galenus. Er hielt sich für berufen, die Lehren dieser zu bekämpfen, sowohl weil sie zu praktisch wertlosen Ergebnissen führten, als auch weil sie heidnisch waren. Letzteres ist bezeichnend. Während der Renaissancemann Paracelsus die Klassiker verhöhnte, weil ihre veraltete Autorität seinen persönlichen Ideen im Wege stand, fühlte sich der schwärmerische Jesuitenschüler van Helmont veranlaßt, eine christliche Wissenschaft an Stelle der heidnischen zu setzen. Dieses führte ihn übrigens zu einer gesunden Kritik besonders des Aristotelismus, dessen schwache Punkte er mit großer Schärfe aufdeckt. Besonders streng verurteilt er in seinen Schriften Aristoteles' Theorie vom Verhältnis der Form zur Wirklichkeit. Ebenso mißbilligt er die

1) Dieser Franz Mercurius van Helmont widmete sich noch ausschließlicher, als sein Vater, rein mystischen Spekulationen. Sein größtes Verdienst war jedoch, daß er die Schriften des Vaters sammelte und herausgab.

Lehre von den vier Elementen. Und wenn Aristoteles die befruchtende Eigenschaft des Spermas in der Wärme sieht, fragt van Helmont satirisch, woher es komme, daß die kaltblütigen Fische fruchtbarer seien als alle warmblütigen Tiere. Indessen zeigt es sich auch hier, wie so oft, daß es leichter ist, niederzureißen als aufzubauen, denn van Helmonts eigene Theorien können sich wenigstens in der Klarheit und Folgerichtigkeit nicht mit dem Aristotelismus messen. Das ist die Folge einesteils seiner mystischen Grundanschauung, zum Teil aber auch seines mangelnden schriftstellerischen Talentes, denn seine Schriften sind im höchsten Grade unklar und schwer zu lesen. Ebenso wie Paracelsus faßt auch er die Natur von der chemischen Seite auf mit einer starken Beimischung von Mystik, die ja zur Chemie jener Zeit gehörte. Der Gärungsprozeß spielt in seinen Theorien über die Naturereignisse eine wesentliche Rolle. Er hatte dieses Phänomen gründlich studiert und festgestellt, daß bei der Biergärung eine Luftart entsteht, die mit der identisch ist, welche bei der Verbrennung von Holz zustande kommt, und mit der, welche in gewissen Grotten angetroffen wird. Für diesen Stoff erfand er den Namen Gas, der durch ihn in die Wissenschaft eingeführt wurde. Er unterschied mehrere Arten Gas, von denen jedoch nur das erwähnte „gas sylvestre“ oder die Kohlensäure, wie wir sie nennen, völlig klar beschrieben wurde. Jede Verdauung und jeder Stoffwechsel überhaupt beruhte nach ihm auf Gärung. Die vielen verschiedenen Gärungsformen, die er im Menschenkörper zu erkennen meinte, waren wohl zum großen Teil in seiner Phantasie entstanden, aber in gewissen Fällen hatte er Ideen, die sich später als richtig erwiesen, wie die Rolle, die er die Säure bei der Verdauung im Magen spielen läßt und daß der saure Mageninhalt durch die Galle neutralisiert wird. Er begnügte sich indessen nicht mit der einfachen Feststellung solcher Tatsachen, sondern suchte, nach dem Beispiel von Paracelsus, dem Leben selbst auf die Spur zu kommen und sah gleich jenem ihr innerstes Wesen personifiziert im „Archaeus“, der seinen Sitz in der Magengegend hat und dem in den übrigen Körperteilen andere Archaei untergeordnet sind. Dieser Archaeus regiert indessen nur den materiellen Stoffwechsel im Körper und kommt daher in verschiedener Form bei allen Wesen vor. Der Mensch hat außerdem seine unsterbliche Seele, den „Intellectus“, der ihn der ewigen Seligkeit teilhaftig macht und den Körper ganz und gar beherrschen würde, wenn nicht der Sündenfall gewesen wäre. Durch diesen erhielt der Mensch eine niedere Seele, die „Ratio“, welche ihn an die Erde fesselt und ihren Trieben unterwirft, so daß er schließlich dem Tode anheimfällt. Die Wesen im Weltall haben die Möglichkeit, aufeinander einzuwirken durch eine fernwirkende Kraft, die „Blas“ genannt wird. Besonders die von den Himmelskörpern ausgehende Kraft hat merkwürdige Eigenschaften, auf die hier jedoch nicht eingegangen

werden kann. Als materielle Grundlage alles Seienden betrachtet van Helmont das Wasser, aus dem alles auf der Erde, sowohl die unbelebte als auch lebende Substanz entsteht. Als Beweis für diese Theorie führt er ein Experiment an. Er füllte in einen Topf 200 Pfund stark getrocknete Erde, pflanzte da hinein einen Weidenzweig, der 5 Pfund wog, und begoß ihn mit Regenwasser. Nach 5 Jahren wog der Weidenbusch 164 Pfund und die aufs neue getrocknete Erde 200 Pfund weniger 3 Unzen. Also war der Weidenbusch aus dem Regenwasser entstanden. Dieses Experiment, das in Plan und Ausführung ganz korrekt war, wenn auch der aus ihm gezogene Schluß nicht richtig sein konnte, beweist besser als alles andere, daß van Helmont ein wirklicher Bahnbrecher auf dem Gebiete der Naturwissenschaft war. Das erste auf quantitative Berechnungen gegründete biologische Experiment ausgedacht zu haben, ist ein Verdienst, das wohl viele Mißgriffe auf theoretischem Gebiete aufwiegt. Auch als praktischer Arzt zeigte van Helmont dieselbe wunderliche Mischung von Phantasie und Umsicht. Einerseits versuchte er eine mystische Universalmedizin herzustellen, die er „Alkahest“ nannte, andererseits aber eiferte er gegen den damals so häufigen Mißbrauch des Aderlassens und die bunt gemischten, übertrieben starken Heilmittel. Unzweifelhaft hat er, wie Paracelsus, einen starken, sowohl guten wie schlechten, Einfluß gehabt. Seine fruchtbaren Ideen haben fördernd bis in weite Zukunft gewirkt und seine mystischen Phantasien können auch bei Forschern späterer Generationen noch verfolgt werden, wovon wir im folgenden Beispiele sehen werden.

Kapitel XVIII.

Die biologische Forschung im 17. Jahrhundert.

1. Harveys Nachfolger.

Im vorhergehenden wurden die beiden einander vollkommen entgegengesetzten Naturanschauungen, die jede für sich im Gegensatz zum Aristotelismus standen, die mechanische Naturauffassung und die mystische Lebensanschauung, geschildert. Wie in einem früheren Abschnitt dieses Buches bereits gesagt wurde, ist von Harvey der Grund zu einer mechanischen Auffassung der Lebensvorgänge durch seine Untersuchungen über den Blutkreislauf gelegt worden, der bis dahin als eine Folge der Tätigkeit gewisser Lebensgeister angesehen worden war, nun aber als ein rein mechanisch verlaufender Prozeß sich darstellte. Obgleich selbst ein überzeugter Anhänger von Aristoteles, legte damit Harvey den Grund zur modernen Wissenschaft von den Lebenserscheinungen, die nach denselben Methoden arbeitet, wie die Erforschung der unorganischen

Natur. Diese Entdeckung von Harvey weckte unerhörtes Aufsehen und bildete in den nächsten Jahrzehnten nach ihrer Veröffentlichung (im Jahre 1628) die brennende Tagesfrage in der Biologie, und es regnete Schriften für und gegen sie. Vor ihrem überzeugenden Wahrheitsgehalt mußte jedoch der Widerspruch bald verstummen, die konservativen Anhänger des alten Systemes starben weg und der junge Nachwuchs wurde ohne Schwierigkeit für die neue Anschauung gewonnen und begann von sich aus, neue Beweise für ihre Richtigkeit zu sammeln. Wie fruchtbar die neue Lehre war, zeigt am besten der unerhörte Aufschwung, den das Studium der Anatomie in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts erlebte. Diese Periode kann mehr denn je als eine Glanzperiode der Anatomie gelten, und die nächst vorhergehende Epoche, beginnend mit der von Vesalius geschaffenen neuen Technik und neuen Beobachtungsmethoden, erscheint ehestens als eine Vorbereitungsstufe. Ein Vergleich dieser beiden Zeitabschnitte zeigt zugleich auch einen bemerkenswerten Gegensatz nationaler Art. Während in der Renaissance Italien die einzige Pflanzstätte für anatomische Forschung war, hatte diese sich nunmehr nach dem Norden zu ausgebreitet. England, Holland und Skandinavien liefern nun ihre ersten Beiträge zur Entwicklung der Biologie, und gleichzeitig mit dieser Verschiebung des Schwerpunktes der biologischen Forschung macht sich eine andere Veränderung in ihrem Wesen geltend, zuerst in Italien und um so später, je weiter nach Norden. Noch im 16. Jahrhundert waren die Naturforscher in den meisten Fällen Universitätslehrer, wie z. B. Vesalius und Galilei, jeder in seiner Stadt. Im 17. und noch mehr im 18. Jahrhundert hörten die Universitäten auf, Mittelpunkt des wissenschaftlichen Fortschritts zu sein und sanken zu Herden unfruchtbaren Konservatismus herab, wo mechanisch die aus dem Mittelalter übernommenen Formeln wiedergekäut wurden, während wirklich bahnbrechende Männer der Wissenschaft als Privatgelehrte auftraten. Descartes, Spinoza und Leibniz arbeiteten ebenso wie Harvey und van Helmont, wie wir sahen, unabhängig von Universitäten, und dasselbe werden wir auch bei etlichen unter ihren hervorragendsten Nachfolgern im 17. und 18. Jahrhundert sehen. Es bildete sich ein neuer Typus von Verbänden unter den Gelehrten im Anschluß an diesen Umstand aus, nämlich wissenschaftliche Gesellschaften. Solche „Akademien“ wurden in ganz Europa ins Leben gerufen, zuerst in Italien und hernach in allen Ländern nördlich von den Alpen. Fürsten und hohe Herren wurden ihre Beschützer oder ließen sich zu Ehrenmitgliedern wählen und gewannen dadurch Interesse für das Naturstudium, zu dessen Förderung sie Laboratorien und Sammlungen von Naturobjekten anlegten, sogenannte „Kuriositätenkabinette“, freilich, wie der Name sagt, mehr zum Vergnügen, aber gleichwohl in vielen Fällen mit Nutzen für die Wissenschaft

durch die Arbeitsmöglichkeiten und Geldsummen, die den Gelehrten durch sie zuteil wurden. Durch alles das hob sich, sozusagen, das soziale Ansehen der Naturwissenschaft, und hierin zeigt sich ein gewisser Gegensatz zur Renaissancezeit. Während dieser befanden die Naturforscher sich noch in einer untergeordneten Stellung, aber im 17. und 18. Jahrhundert nahmen viele unter ihnen bereits bedeutende Stellungen in der Gesellschaft ein. Diese Zeit, die im folgenden geschildert werden soll, war also für die Naturforschung in jeder Hinsicht glänzend und kann nur mit der Periode des Aufschwunges in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts verglichen werden.

Als Harveys nächste Nachfolger müssen mit Recht diejenigen genannt werden, die gleich ihm das Gefäßsystem beim Menschen und den höheren Tieren studierten und in dieser Hinsicht seinen Forschungsweg fortsetzten. Wir haben bereits gesehen, daß schon zu Harveys Lebzeiten eine bis dahin unbekannte Art von Gefäßen entdeckt wurde, nämlich das Lymphgefäßsystem, und welche abweisende Stellung Harvey, selbst noch in den alten Ideen befangen, gegenüber dieser Entdeckung einnahm. Eigentlich war schon ein Jahr vor Harveys Schrift über den Blutkreislauf eine Arbeit über „Die Milchadern, eine neue Entdeckung“ erschienen. Der Verfasser war ein im Jahre vorher gestorbener italienischer Arzt, Gaspare Aselli (1581—1626). Er hatte seine Laufbahn als Militärchirurg begonnen, war dann eine zeitlang Professor in Padua und ließ sich schließlich in Mailand nieder. Dort veranstaltete er einmal zusammen mit einigen Kollegen eine Vivisektion an einem Hunde, der kurz vorher eine reichliche Mahlzeit genossen hatte, und fand dabei, daß Bauchfell und Darm von einer Menge weißer Fäden bedeckt waren, aus denen bei zufälliger Durchschneidung eine Flüssigkeit tröpfelte. Es waren also keine Nerven, sondern Gefäße von noch unbekannter Art. Im Bann der eingewurzelten Galenischen Auffassung der Leber als Blutbildungsorgan, nahm Aselli an, daß diese Gefäße, die heutzutage Chylusgefäße genannt werden, sich von den Därmen zu der Leber erstreckten. Die Entdeckung wurde indessen Gegenstand allgemeiner Aufmerksamkeit. — Asellis Buch erlebte etliche Auflagen und viele von den Anatomen jener Zeit interessierten sich für die neue Entdeckung. Unter diesen mag hier besonders Johann Wesling genannt sein (1598—1649), der, obgleich ein Deutscher von Geburt, Professor in Padua wurde und in seinem im Jahre 1647 gedruckten Lehrbuche der Anatomie eine ausführliche Beschreibung der Chylusgefäße gab. 20 Jahre nach dem Erscheinen von Asellis Arbeit machte ein junger Student namens Jean Pecquet (1622—1674) eine Entdeckung, die die Kenntnis vom neuentdeckten Gefäßsystem wesentlich erweiterte. Er entdeckte nämlich bei einer Sektion den Kanal, der als Sammelgang der Chylusgefäße dient und selbst in

das Venensystem einmündet, den sogenannten Brustgang oder Ductus thoracicus. Hierdurch wurde Asellis Meinung, die Chylusgefäße führten vom Darm zur Leber, der sich auch seine nächsten Nachfolger anschlossen, widerlegt. Pecquet stammte aus der Normandie, studierte in Montpellier und wurde Leibarzt des während der ersten Zeit der Regierung Ludwigs XIV. allmächtigen Ministers Foucquet. Als dieser wegen Unterschlagung verurteilt und ins Gefängnis gesperrt wurde, mußte sein Arzt ihm darin Gesellschaft leisten und verschwindet aus der Geschichte. Er soll übrigens blind an den damals neu erfundenen Cognac als ein Heilmittel gegen alle möglichen Krankheiten geglaubt haben, ein Irrtum, der ihm selbst sehr bald zum Verderben gereichte. So war es denn dem in der biologischen Wissenschaft bis dahin noch ganz unbekannten Skandinavien vorbehalten, die endgültige Lösung der Frage vom Lymphgefäßsystem herbeizuführen, wobei es sich eigentümlicherweise ereignete, daß zwei Forscher in verschiedenen Ländern ganz gleichzeitig und unabhängig voneinander zu demselben Ergebnis kamen.

Thomas Bartholin, geboren in Kopenhagen im Jahre 1616, war der Sohn des Professors der Anatomie Caspar Bartholin, eines angesehenen Gelehrten alter Schule. Er wurde sehr jung Student, und nachdem er alles, was sein Vaterland ihm bieten konnte, durchstudiert hatte, begab er sich, nur 20 Jahre alt, auf eine Reise, die 9 Jahre dauerte. Zuerst studierte er 3 Jahre in Leiden, wo er Harveys Entdeckungen kennen lernte, arbeitete darauf 2 Jahre in Padua und setzte dann seine Studien in Neapel fort, wo er Schüler des alten Severino wurde, und kehrte nach seiner Doktorpromotion in Basel nicht früher in die Heimat zurück, als bis ihm dort eine Professur sicher war. Als Professor der Anatomie entfaltete er eine großartige Tätigkeit, die in kurzer Zeit die früher unbekannte Universität Dänemarks zu einer in ganz Europa so bekannten machte, daß eine Menge ausländischer Schüler zu ihm strömten, unter ihnen Michael Lyser, ein Deutscher, der als Prosektor seine wichtigsten Sektionen ausführte und später Professor in Leipzig wurde. In den fünfziger Jahren des 17. Jahrhunderts veröffentlichte Bartholin eine Menge wertvoller Arbeiten, aber bald ermattete seine Schaffenskraft. Nachdem Lyser die Stellung als Prosektor niedergelegt hatte (1652), wurden Bartholins anatomischen Ergebnisse recht mager, und er ließ sich schon 1660 von aller Lehrpflicht befreien und begnügte sich mit einer Stellung in der Verwaltung der Universität, die er zumeist dazu mißbrauchte, seinen Verwandten gute Stellen zu verschaffen. Es wird angenommen, daß er aus diesem Grunde den im folgenden zu erwähnenden Steno und andere tüchtige Schüler im Vorwärtskommen gehindert habe. Auch andere nicht sehr schöne Züge werden von ihm berichtet. Obgleich selbst Arzt, verließ er während einer Pestepidemie die Hauptstadt und lebte

aus Furcht vor Ansteckung auf dem Lande, und seine Art, sich besondere Gehaltszulagen zu verschaffen, weckte peinliches Aufsehen. Seine Schriften wimmeln von Ausdrücken überschwänglichsten Selbstlobes, und dennoch tritt in ihnen eine wirklich echte Begeisterung für die Wissenschaft zutage, die zweifellos der schönste Zug seines Charakters ist. Er starb 1680 und sein Nachfolger im Amte, sein Sohn Caspar, fuhr fort, gleich dem Vater, äußere Zeichen der Anerkennung zu ernten, aber in wissenschaftlichen Verdiensten eiferte er ihm nicht nach.

Als Thomas Bartholins wichtigste Entdeckung wird stets seine Klarlegung des Lymphgefäßsystems angesehen. Als er mit dem Studium desselben begann, glaubte er, ebenso wie Aselli, daß es zur Leber führte, weil er Pecquets Entdeckung nicht kannte. Durch Beobachtungen und Experimente fand er jedoch bald, daß es sich anders verhielt, als er anfangs gedacht hatte, denn er entdeckte, daß diese Gefäße mit einem über den ganzen Körper verbreiteten Gefäßsystem in Verbindung standen, dessen Inhalt eine wasserhelle Flüssigkeit war. Diese Entdeckungen beschrieb er in einer im Jahre 1653 erschienen Abhandlung, in der er hervorhebt, daß die Leber nicht die Rolle als blutbildendes Organ spielen kann, das ihr die klassische Anatomie zuschrieb, weil die Chylusgefäße nicht zur Leber ziehen, sondern im Gegenteil eine Menge Lymphgefäße in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Daher könne auch die Nahrung nicht in der Leber in Blut verwandelt werden, wie die Anatomen bis Harvey und Aselli meinten. Er schließt seinen Aufsatz mit einer Art von Grabschrift über die Leber als den nunmehr entthronten Herrscher des Körpers in Form einer Parodie auf die schwülstigen, damals üblichen Gedächtnisworte zu Ehren vornehmer Toter.

Bartholin legte großen Wert auf seine Entdeckung des Lymphsystemes und verfaßte noch etliche Abhandlungen darüber, ohne jedoch wesentlich Neues dem in der ersten Gesagten hinzuzufügen. Seine übrige wissenschaftliche Schriftstellerei ist recht umfangreich, kann sich aber nicht mit dem messen, was er selbst mit Recht als seinen großen Beitrag zur Entwicklung der Anatomie ansah. Um so mehr mußte es ihn kränken, daß schon gleich zu Anfang ein Konkurrent um die Ehre dieser großen Entdeckung auftrat und noch dazu ein Jüngling ohne vorhergehende Verdienste in bezug auf Studien oder Publikationen.

Olof Rudbeck war in Västerås in Schweden im Jahre 1630 als jüngstes von elf Geschwistern geboren. Sein Vater war der gestrenge Bischof Johannes Rudbeckius, ein Mann von gründlicher Gelehrsamkeit, großem Herrschertalent und entsprechender Herrschsucht. In seinem Stift hatte er ein Gymnasium gegründet, das hinsichtlich des Unterrichtes mit der Universität wetteifern konnte. Es besaß eine eigene Bibliothek und einen botanischen Garten. Hier erhielt der junge Olof eine gründliche

Bildung und gewiß auch seine Vorliebe für Naturwissenschaft, die ihn veranlaßte, sogleich nach seinem Eintritt in die Universität Uppsala das medizinische Studium zu beginnen, das damals wenig angesehen war. Ob gleich er erst 17 Jahre alt war, fühlte er sich schon imstande, selbständig zu arbeiten, was im Hinblick auf die ärmlich ausgerüstete medizinische Fakultät durchaus notwendig war. Wie Vesalius begann er Tiere zu sezieren und machte sich dabei fast sofort an das kürzlich entdeckte und interessante Chylussystem. Die Beobachtungen, die ihm auf diesem Gebiete gelangen, weckten so großes Aufsehen, daß die Königin Kristina selbst von ihnen Kenntnis zu nehmen wünschte. Im Jahre 1652 erhielt der junge Rudbeck Gelegenheit, seine Erfahrungen der Königin vorzuführen, und erhielt als Belohnung die Mittel zu einer Reise ins Ausland. Daraufhin veröffentlichte er seine Beobachtungen in Form einer Disputation im Jahre 1553 und reiste nach Leiden, um dort 3 Jahre zu studieren. Nach Uppsala zurückgekehrt, wurde er zum Professor der Anatomie ernannt und widmete sich mit großer Energie dem medizinischen Unterricht, der bis dahin meist in Vorlesungen über die Schriften der alten Autoren bestanden hatte. Rudbeck erbaute nach eigenen Zeichnungen einen stattlichen Anatomiesaal, der heute noch besteht, und führte, so oft Material dazu vorhanden war, an Menschenleichen Sektionen aus. Solche Sektionsübungen hatte es nie früher in Uppsala gegeben und sie weckten daher einen großen Widerstand, durch den sich aber Rudbeck nicht abschrecken ließ. Er zeigte im Gegenteil seinen Widersachern offen seine Verachtung und ließ, um sie lächerlich zu machen, einmal mit großer Feierlichkeit die Reste eines von ihm sezierten Verbrechers beerdigen und gab zu diesem feierlichen Akt eine Programmschrift heraus, worin er die akademische Phrasendrescherei seiner Zeit aufs ergötzlichste verspottet. Indessen war diese energische Lehrtätigkeit selbst für seine unerhört große Arbeitskraft zu viel, um noch Zeit für wissenschaftliche Forschung übrig zu haben. Eine allgemeine Anatomie der Tiere, die er herausgeben wollte, wurde, ohne Zweifel zum Schaden der Wissenschaft, nie fertig. Auch seine Kindheitsinteressen für Botanik forderten ihr Recht, und er verwandte viel Mühe auf ein großes botanisches Tafelwerk, „Campi elysii" genannt, das gleichfalls unbeendigt blieb, weil er sich an ein neues Gebiet heranmachte — er vertiefte sich nämlich in das ungeheuerliche linguistisch-archäologisch-patriotische Riesenwerk „Atland", in welchem er zu beweisen suchte, daß Schweden das älteste Kulturland der Welt wäre. Er starb im Jahre 1702, bald nachdem ein großer Teil seiner wissenschaftlichen Leistungen bei dem Brande, der die Stadt Uppsala verheerte, ein Raub der Flammen geworden war.

Olof Rudbecks in seiner Jugend verfaßtes anatomisches Werk ist jedenfalls das einzige, das uns berechtigt, ihn als den ersten schwedischen

Naturforscher zu bezeichnen. In seiner Disputationsschrift aus dem Jahre 1652 behandelt er den Blutkreislauf im Geiste Harveys und stellt einige Thesen auf, in einer von denen er nur den animalen Geist im Körper anerkennt. In einer anderen leugnet er die Eigenschaft der Leber als blutbildendes Organ und beweist damit, daß er schon weit über Harveys Standpunkt hinausgelangt war. In einer im folgenden Jahre gedruckten Disputation berichtet er über das von ihm selbständig beim Versuch, den Bau der Chylusgefäße klarzulegen, entdeckte Lymphgefäßsystem. Er schildert den Verlauf dieser „Vasa serosa", wie er sie nennt, nicht nur innerhalb der Leibeshöhle, sondern auch in den Extremitäten, er beschreibt ihre Anschwellungen, die Lymphdrüsen, untersucht die Beschaffenheit der Lymphflüssigkeit, an der er salzigen Geschmack feststellt und daß sie beim Kochen gerinnt, er sucht die Bewegung dieser Flüssigkeit zu studieren, indem er Beobachtungen über die Klappen in den Gefäßen anstellt, und gibt zum Schluß eine von ihm ersonnene Theorie über die Bedeutung des ganzen Systems für den Körper.

Zwischen den beiden Konkurrenten um die Ehre der Entdeckung des Lymphgefäßsystems in seiner vollen Ausdehnung, Bartholin und Rudbeck, entspann sich ein Streit um die Priorität, geführt in Schriften, die auf gegenseitige Beschuldigungen wenig erbaulicher Art hinausliefen. Nationaler Chauvinismus kam mit ins Spiel, und die Frage wurde noch lange nach dem Tode der beiden Anatomen weiter erörtert, bis schließlich eine unparteiische Untersuchung der Schriften zustande kam. R. Tigerstedt, der diese Untersuchung ausgeführt hat, kommt zu dem Ergebnis, daß obzwar Rudbeck seine Entdeckung früher gemacht hat, dennoch Bartholin das Recht der Priorität gebührt wegen des Datums der Drucklegung seiner Arbeit. Daß die beiden hervorragenden Gelehrten unabhängig voneinander ihre Entdeckungen machten, steht jetzt zweifellos fest.

Die Entdeckung des Lymphgefäßsystemes bildete eine große und wichtige Ergänzung zu Harveys Entdeckung des Blutkreislaufes. Nun erst konnte die Forschung der Frage näher treten, wie die Nahrungsstoffe vom Körper verarbeitet werden, worüber bei den antiken Biologen ebenso verworrene Begriffe herrschten wie über die Bewegung des Blutes in den Adern. Beide, Rudbeck und Bartholin, scheuten sich nicht, die Konsequenzen aus ihren Entdeckungen zu ziehen, daß nämlich die Leber nicht jene alles beherrschende Rolle in der Verdauung spielen kann, wenn einmal die Chylusgefäße nicht, wie noch Aselli glaubte, zur Leber führen. Sowohl Rudbecks Thesen als auch Bartholins Grabschrift über die Leber bestätigen das. Hierbei kann jedoch nicht geleugnet werden, daß beide dabei in gewisser Hinsicht über das Ziel schossen, denn die Forschung der neuesten Zeit hat dargelegt, daß ein großer Teil der aus dem Darmkanal kommenden Stoffe, Kohlenhydrate, Eiweißstoffe und andere,

von den Verzweigungen der Pfortader aus dem Darmkanal aufgenommen und in die Leber geleitet werden, wo ihre Umsetzung erfolgt. Doch wäre es ganz absurd, den Gegnern von Rudbeck und Bartholin in dieser Hinsicht eine größere Umsicht zuschreiben zu wollen. Ein Konservatismus, der für sein Festhalten am Alten keinen anderen Grund als die Ehrfurcht vor der Überlieferung anführen kann, hat keine historische Berechtigung gegnüber Bahnbrechern, die ihre Ideen mit neuentdeckten Tatsachen begründen können, auch wenn sie, wie das oft geschieht, deren Tragweite überschätzen.

Wie erwähnt, wurde in der Mitte und gegen das Ende des 17. Jahrhunderts anatomische Forschung besonders in England mit großem Eifer betrieben. Harveys Tat hatte besonders bei seinen Landsleuten anregend gewirkt. Alle hervorragenden englischen Entdecker dieser Periode auf dem Gebiete der Anatomie hier zu erwähnen, gestattet der Raum nicht. Nur wenige von den bedeutendsten sollen hier als Beispiele genannt werden:

Francis Glisson (1597—1677) war der Sohn eines Gutsbesitzers, studierte in Cambridge anfangs Philosophie, später Medizin, wurde im Jahre 1634 Doktor und schon 2 Jahre darauf Professor. Der Bürgerkrieg vertrieb ihn jedoch bald aus seiner Lehrtätigkeit und er zog nach London, wo er als angesehener praktischer Arzt lebte und zu den ersten Mitgliedern der im Jahre 1660 gegründeten wissenschaftlichen Vereinigung „Royal Society“ gehörte, die der vornehme Sammelpunkt der Gelehrten Englands wurde. Außer einigen für jene Zeit vortrefflichen, rein medizinischen Arbeiten veröffentlichte Glisson zwei auf dem Gebiete der Anatomie bahnbrechende Werke, das eine über die Anatomie der Leber, das andere über den Magen und die Eingeweide. In der ersten Arbeit gibt er eine für die damaligen Verhältnisse mustergültige Monographie der Leber, auf deren Grundlage sich die heutige Kenntnis von diesem Organ aufgebaut hat. Die bindegewebige Hüllmembran der Leber wird zur Erinnerung daran bis auf den heutigen Tag Glissons Kapsel genannt. Der Verfasser gibt aber nicht nur eine eingehende Beschreibung der Leber, sondern stellt auch von ihr ausgehend eine allgemeine biologische Theorie auf, die noch ganz auf dem Boden aristotelischer Anschauung steht. An den Bestandteilen des Körpers unterscheidet er Materie und Form und charakterisiert diese ganz im Geiste des Aristoteles. Die Materie ist das, woraus etwas entsteht, was aber die Form hervorbringt, ist entweder die Natur oder die Kunst. Er verwahrt sich ausdrücklich gegen die „physische“ Auffassung von Form und Materie, die von den „Philosophen“ herrührt. Seine Schlußsätze formt er nach dem Muster der Scholastik, und die physiologischen Probleme, die er aufstellt, löst er auf rein abstrakte Weise. Dennoch findet sich in seinen Ideen manches, was an moderne Gedanken-

gänge erinnert. So läßt er z. B. die Entleerung der Gallenblase durch ihre von Nerven bewirkte Reizung erfolgen, und hinsichtlich der Chylusgefäße zeigt er, daß er Pecquets und Bartholins Entdeckungen kennt und würdigt. Auch er ist also, wie das so oft in Übergangszeiten vorkommt, eine Mischung von alt und neu.

Ganz und gar Spezialforscher war Glissons jüngerer Zeitgenosse und Freund Thomas Wharton. Geboren 1614 als Sohn eines Gutsbesitzers erlangte er in Oxford den medizinischen Doktorgrad, praktizierte später in London, wo er schließlich Leiter eines Krankenhauses und Mitglied des „College of physicians" wurde. Er starb im Jahre 1673. Seinen Ruf begründete das Werk „Adenographia", in dem er zum erstenmal eine vergleichende Darstellung der Drüsen des Körpers gibt. In dieser Arbeit sucht Wharton zunächst den Begriff Drüse festzustellen und sieht das wesentliche Kennzeichen einer solchen in der Sekretion. Er unterscheidet auch besonders zwischen „Viscera" oder Eingeweiden und Drüsen. Die Zunge ist ebenfalls keine Drüse, sondern ein Muskel, auch das Gehirn ist keine Drüse, sondern eine besondere, „edle" Substanz. Unter den wirklichen Drüsen werden die Verdauungs-, Lymph- und Genitaldrüsen beschrieben. Er entdeckte den Ausführungsgang der Submaxillardrüse, die heute seinen Namen trägt, und hat auch zum erstenmal das Pankreas genau beschrieben. Auch die Nieren, Hoden und die Schilddrüse werden von ihm genau beschrieben. Hinsichtlich der Glandula pinealis teilt Wharton nicht Descartes' Meinung, als sei sie das Organ der Seele, sondern sieht in ihr eine Exkretionsdrüse, in die durch die Nerven Ausscheidungsprodukte des Gehirns geleitet werden, die schließlich durch die Blutgefäße entfernt werden — eine eigentümliche Annahme innerer Sekretion mehr als zwei Jahrhunderte vor der endgültigen Feststellung dieses Vorganges in unserer Zeit. Auch die Hypophyse hat nach Wharton eine ähnliche Funktion, jedoch mit anders geartetem Ausführungsapparat. Mit theoretischen Spekulationen gibt sich Wharton wenig ab, dafür aber spielt die Untersuchung und Erörterung von Krankheitserscheinungen in den Drüsen eine wichtige Rolle in seiner Arbeit.

Eine bedeutendere Persönlichkeit begegnet uns in Thomas Willis. Als Sohn eines Landmannes wurde er im Jahre 1621 geboren, studierte in Oxford und kämpfte gleichzeitig im königlichen Heere gegen die Truppen des Parlamentes. Nach Ablegung der medizinischen Prüfungen widmete er sich der Praxis, bis er im Jahre 1660 nach dem Siege der Königspartei zum Lohn für seine Treue eine Professur erhielt. Er gab jedoch bald diese Stellung auf und begab sich nach London, wo er sich aufs neue der Praxis widmete, großes Ansehen erwarb, Mitglied der „Royal Society" wurde und mehrere Schriften herausgab. Er wird als ein redlicher und charakterfester Mann geschildert, der zum Schluß am Hofe wegen seiner

freimütigen Äußerungen über die dort herrschende Sittenverderbnis weniger gern gesehen wurde. Er starb im Jahre 1675.

Willis' Hauptarbeit war die Untersuchung der Anatomie des Gehirns und des Nervensystems. Seine Darstellung des Baues des Gehirns und der von ihm unmittelbar ausgehenden Nerven ist die erste, die, wie man sagen kann, modernen Ansprüchen genügt, denn hinsichtlich der äußeren Form dieser Körperteile hat die Nachwelt nicht sehr viel hinzuzufügen gehabt. Was sein Verdienst um die Sache noch erhöht, ist der Umstand, daß er nicht bloß das Gehirn des Menschen, sondern auch das von anderen Wirbeltieren berücksichtigt. In der Einleitung zu seinem Werk betont er besonders, daß nur die vergleichende Anatomie völlig zufriedenstellende Erklärungen über den Bau und die Funktionen der Organe geben kann. Seine Untersuchungen über die Gehirne verschiedener Tierformen werden durch ausgezeichnet schöne Tafeln veranschaulicht, die zum Teil von seinem Freunde, dem berühmten Architekten Ch. Wren, dem Erbauer der St. Paulskathedrale in London, gezeichnet sind. Hinsichtlich der Funktion des Nervensystems hält sich Willis im Gegensatz zu den Aristotelikern Harvey und Glisson ganz und gar an die Theorie von Descartes. Die Lebensäußerungen werden durch Ströme im Nervensystem hervorgerufen, die in das Gehirn dringen und je nach ihrer Beschaffenheit sich in verschiedene Teil desselben begeben. Die Vorstellungen und das Gedächtnis verlegt er in die Rinde des Großhirns. Auch die Funktionsgebiete verschiedener Nerven hat Willis bereits genau studiert und dabei durch Abschnürung der Vagusnerven bei einem lebenden Hunde ihren Einfluß auf Lungen und Herz festgestellt.

In einer später erschienenen Arbeit behandelt Willis die Seele der Tiere. Dieses Werk ist weit umfassender, als sein Titel angibt, denn es werden eine Menge Angaben verschiedener Art eingeflochten. Unter anderem teilt er einige Untersuchungen über die Anatomie wirbelloser Tiere mit, die in jener Zeit mehr interessiert hätten, wenn nicht gleichzeitig Malpighi und Swammerdam viel bessere gemacht hätten. Das Hauptziel der Arbeit ist immerhin eine allseitige Untersuchung über die vegetative und sensitive Seele, die nach seiner und Descartes' Meinung für Menschen und Tiere gemeinsam ist. Der Mensch habe ja außerdem seine vernünftige Seele, die immateriell ist und darum nach dem Tode fortleben kann. Die Seele, von der hier die Rede ist, ist dagegen eben der materielle Lebensgeist, der sich in Strömungen des Nervensystems äußert und beim Tiere alle, beim Menschen die rein animalen Lebensäußerungen bedingt. Woher es nun aber kommt, daß Tiere in gewissen Fällen Handlungen ausführen, die bewußte Vernunft andeuten, verursacht dem Verfasser viel Kopfzerbrechen. Wirkliche Vernunft, meint er, könne ja bei Tieren nicht vorkommen, denn sonst würden sie wohl bald dem Menschen

gleichen und außerdem unsterblich sein — folglich könne es nur der materielle Lebensgeist sein, der ihr Tun und Lassen lenkt. Bei Anwendung dieser Theorie vertieft sich Willis in eine Menge Spekulationen und Haarspaltereien, deren weitere Verfolgung zuweitführend und wenig erbaulich wäre, zumal die Fülle von gelehrten Autoritäten, die er anführt, nur noch mehr jene hilflose Verwirrung kennzeichnet, in die die psychophysische Spekulation geriet, nachdem sie den sicheren Hafen des Aristotelismus verlassen hatte. Wenn ein Forscher vom Rang eines Willis allen Ernstes die Frage erörtern kann, ob nicht der Lebensgeist mit dem Spiritus vini oder eher mit Hirschhornöl zu vergleichen wäre, ist es begreiflich, wie die naturwissenschaftliche Spekulation jener Zeit sich auf aussichtslose Irrwege begeben konnte. Doch gab es auch gleichzeitig Forscher, die mit besserem Erfolge die neu erfundenen exakten Forschungsmethoden im Gebiete der Biologie verwerteten. Beispiele hierfür wird die nächste Abteilung dieses Kapitels bringen, vorher jedoch noch eine Probe eingehender anatomischer Forschung aus diesem Zeitabschnitte.

Raymond Vieussens wurde 1641 in einer Offiziersfamilie geboren, studierte in Montpellier Medizin und wurde daselbst nach Erlangung des akademischen Grades Arzt an einem Krankenhause. Er widmete sich mit besonderem Eifer dem Studium der Struktur des Nervensystems und veröffentlichte sein großes Werk „Neurologia universalis“ im Jahre 1685. Durch dieses wurde er mit einem Schlage berühmt und erhielt einen Ruf als Arzt an den Pariser Hof, kehrte jedoch bald in sein früheres Amt zurück, das er bis zu seinem Tode im Jahre 1715 verwaltete. Seine Darstellung des Nervensystems zeichnet sich durch eine bis dahin nicht erreichte Genauigkeit und Vollständigkeit der anatomischen Einzelheiten aus. Besonders die Leitungsbahnen werden von ihm mit großer Sorgfalt dargestellt. Leider vertiefte sich Vieussens mit geringem Erfolg in physiologische Spekulationen über den „Spiritus“ des Nervensystems, von dem er meint, er werde in das Gehirn aus dem darin zirkulierenden Blute abgeschieden, und über einen im Blute befindlichen „Spiritus nitroaerius“, der aus Luft und Nahrung aufgenommen einen Bestandteil des Blutes bildet. Er wurde durch diese Ideen in eine lästige Polemik verwickelt. Auch über das Herz und das Blutgefäßsystem hat er ein paar Arbeiten ausgeführt, die aber geringeren Wert haben als seine Neurologie.

2. Versuche mechanischer Erklärungen der Lebenserscheinungen.

Giovanni Alfonso Borelli wurde im Jahre 1608 in Neapel geboren. Sein Vater war Offizier in spanischem Dienst. Der junge Alfonso zeigte schon früh eine ausgeprägte mathematische Begabung und begab sich zur Ausbildung dieser nach Pisa. Dort war einst Galilei Professor gewesen, der nun als Hofastronom auf der Höhe von Ansehen und Ein-

fluß im nahe gelegenen Florenz lebte. Kein Wunder also, daß Borelli bald für seine physikalischen und astronomischen Theorien gewonnen war und mit Begeisterung sich in die neuen Gebiete vertiefte, die sich dem Forscher eröffneten. Nach gründlichem Studium wurde er von der Regierung seines Landes zum Professor an der Universität Messina ernannt, wo er einige Jahre unterrichtete. Die Verhältnisse an dieser Universität waren jedoch klein und eng, und im Jahre 1656 kehrte Borelli nach Pisa zurück, von wo er im folgenden Jahre nach Florenz berufen wurde. Dort hatten Galileis Schüler eine freie Akademie gebildet, die „Accademia del cimento“ genannt wurde. An dieser erhielt Borelli eine Anstellung und wirkte hier 10 Jahre. Hier war es auch, wo er sich ernstlich an das Studium der Medizin machte in der Absicht, Galileis physikalische Prinzipien auf die Medizin anzuwenden. Leider ließ er sich durch höheres Gehalt verlocken, nach Messina zurückzukehren. Bald darauf machte nämlich die Bevölkerung dieser Stadt eine Verschwörung gegen die spanische Herrschaft in Sizilien, und als der Aufruhr niedergeschlagen war, mußte Borelli, der sich seinen Landsleuten angeschlossen hatte, seine Rettung in der Flucht suchen. Völlig mittellos kam der schon bejahrte Forscher nach Rom und erhielt anfangs hier eine Anstellung bei der Königin Kristina von Schweden, die sich als Landesflüchtige, ebenso wie ehedem in der Heimat, gern mit berühmten Männern der Wissenschaft umgab. Einige Jahre war er ihr Leibarzt und hat ihr seine hervorragendste Schrift gewidmet. Bald traf ihn jedoch ein neues Unglück. Er wurde durch die Unehrlichkeit eines Untergebenen ruiniert, und die Königin, die selbst, wie bekannt, immer in Geldverlegenheit war, konnte ihm nicht helfen. Er mußte also in einem Kloster Zuflucht suchen, wo er im Jahre 1679 starb.

Borellis unruhiges Leben war möglicherweise die Folge seines Charakters, der angeblich verschlossen und heftig war. Indessen genoß er doch allgemein das Ansehen eines der hervorragendsten Gelehrten seiner Zeit und seine Leistungen waren von einer seltenen Vielseitigkeit. Er setzte die Arbeit seines Lehrers Galilei in der Physik und Astronomie fort. Aber wie verdienstvoll auch seine Arbeiten auf diesen Gebieten sein mögen, sie werden doch in den Schatten gestellt durch sein großes biologisches Werk „Über die Bewegungen der Tiere“, das in seinem Todesjahr erschien und, wie gesagt, der Königin Kristina gewidmet war, die nach einer Angabe im Vorwort die Druckkosten getragen haben soll. Durch diese Arbeit erscheint er neben Harvey als einer von den bedeutendsten Bahnbrechern der modernen Biologie.

„Wie in anderen physisch-mathematischen Wissenschaften zu geschehen pflegt, werden wir versuchen, auf Grund der Tatsachen diese Wissenschaft von den Bewegungen der Tiere darzustellen, und da die Muskeln

das vornehmste Bewegungsorgan der Tiere sind, mögen wir mit der Betrachtung ihres Baues, ihrer Teile und ihrer sichtbaren Wirkungen beginnen.“ Mit diesen Worten erklärt Borelli seine Ansicht über die Aufgabe der Biologie und gleichzeitig, daß er von der Naturauffassung Galileis ausgeht. Und in der Tat beweist sein Werk zur Genüge, daß wir es hier, ebenso wie bei Galilei, mit „einer neuen Wissenschaft“ zu tun haben. Schon die Anordnung des Stoffes ist originell. Durch kurze Sätze, die nach dem Muster von Euklides Propositionen genannt werden, mit nachfolgenden Beweisen und Korollarien, schreitet die Untersuchung von den einfachsten Elementen des Bewegungssystems, den einzelnen Muskeln, fort zu den immer mehr zusammengesetzten Organen und Organkomplexen, bis sie zum Schluß in eine Erörterung und Zusammenfassung der Bewegungsmöglichkeiten des ganzen Lebewesens ausmündet. In erster Linie werden natürlich die Bewegungen des Menschen behandelt, die den Hauptteil der Arbeit ausmachen, darauf werden die Bewegungen der Säugetiere, der Flug der Vögel, das Schwimmen der Fische und charakteristische Bewegungen von Insekten und anderen niederen Tieren studiert. Die ersten Propositionen enthalten eine Analyse der Muskelsubstanz selbst, wobei Borelli feststellt, daß diese Elemente der körperlichen Bewegungsfähigkeit identisch sind mit dem, was man Fleisch nennt, was nämlich von den Anhängern des Aristoteles geleugnet wurde. Darauf werden im einzelnen die verschiedenen mechanischen Funktionen der Muskeln erörtert und durch beigefügte Figuren in schematischer Form verdeutlicht. Auf dieser Grundlage wird darauf die Untersuchung der Mechanik der verschiedenen Bewegungsformen fortgesetzt, zuerst die der einzelnen Extremitäten, dann die des ganzen Körpers in verschiedenen Arten der Betätigung, im Heben, Gehen, Laufen und Springen, ja sogar eine bei Südländern recht ungewöhnliche Bewegungsform, das Schlittschuhlaufen, wird beobachtet und analysiert. Nachdem dann die Bewegungen der Säugetiere, wie erwähnt, untersucht sind, wird der Vogelflug im Vergleich mit den vorher besprochenen Bewegungen geschildert und zuletzt das Schwimmen analysiert, wobei aber nicht nur die Bewegungen der Fische, sondern auch die Schwimmfähigkeiten des Menschen und anderer landbewohnender Wesen Beachtung finden. Hieran anschließend kommt Borelli mit Vorschlägen zu einem Taucheranzug und zu einem Unterseebot — ob er diese praktisch erprobt hat, vermeldet jedoch die Geschichte nicht.

In einem anderen Teile seines Werkes sucht Borelli die Ursachen der Muskeltätigkeit klarzulegen. Er prüft dabei zuerst einige rein mechanische Möglichkeiten, die er aber verwirft, darunter auch die Möglichkeit, daß der Muskel sich allein durch Zusammenziehung seiner Masse, hervorgerufen durch Kontraktion ihrer kleinsten Teilchen, verkürzen könne.

Solches geschehe freilich, wenn ein glühender Eisendraht sich bei der Abkühlung verkürzt, könne aber hinsichtlich der Muskelkontraktion nicht in Frage kommen, die durch Impulse vom Nervensystem her veranlaßt werde, also infolge eines von außen kommenden Fluidums zustande komme. Hier hat Descartes' Theorie von Strömungen in den Nerven deutlich eingewirkt, und auf Grund derselben nimmt Borelli an, daß die Anschwellung der Muskeln bei der Kontraktion durch einen Gärungsprozeß entsteht, indem sich das Blut in den Muskeln mit dem zuströmenden Nervenfluidum mischt. Daß es Borelli mit den Hilfsmitteln seiner Zeit nicht gelang, das äußerst komplizierte Zusammenwirken physikalischer und chemischer Vorgänge, die die Muskelkontraktion ausmachen, zu entwirren, kann ihm nicht zur Last gelegt werden. Im Gegenteil muß es als eine sinnvolle Ahnung bezeichnet werden, wenn er annimmt, daß ein komplizierter chemischer Vorgang neben einem einfachen mechanischen hier stattfindet, eine Ahnung dessen, was die Wissenschaft unserer Tage erst spät ermittelt hat. Nach einer eingehenden Untersuchung des Muskelmechanismus des Herzens und des Respirationssystemes schließt Borelli sein Werk mit einigen Spekulationen über Verdauung und Befruchtung, die zum Teil von Aussprüchen älterer Forscher ausgehen, zum Teil auch wenig Wert haben und hier daher übergangen werden können. Dasselbe gilt auch von seinen rein medizinischen Spekulationen, z. B. seiner Theorie, daß Fieber nicht vom Blute, sondern vom Nervenfludium ausgehe, und anderen damit zusammenhängenden Annahmen. Borelli war ein für allemal Mechaniker, und seine Größe liegt in der Erschaffung einer mit rein mechanischen Kräften arbeitenden Experimentalbiologie. In der Einleitung zu seinem Werke versichert er allerdings, daß alle mechanischen Vorgänge im lebenden Körper, die er zu schildern unternimmt, vom Lebensgeist hervorgerufen werden, denn ohne dieses Bekenntnis hätte er wohl nie das päpstliche Imprimatur erlangt, das nun auf der ersten Seite seines Buches steht. Aber nach diesem theoretischen Vorbehalt vermeidet er es, in alle folgenden Erörterungen andere Momente als rein mechanische hineinzuziehen. Und hierin gerade imponiert sein Werk, trotz der Schwächen im einzelnen, als das erste, welches unentwegt die Grundsätze anwendet, auf denen die Biologie unserer Tage beruht.

Von den Zeitgenossen und der nächsten Generation wurde Borelli sehr geschätzt und der große holländische Arzt Boerhaave z. B. rät jedem Mediziner, das Werk „Über die Bewegungen der Tiere" zu lesen. Obgleich ohne Zweifel der erste, so war er doch nicht der einzige, der die biologischen Probleme vom rein mechanischen Standpunkt aus in Angriff nahm. Von seinen Zeitgenossen, die sich in dieser Hinsicht auszeichneten, verdienen besonders zwei näher geschildert zu werden.

Claude Perrault wurde in Paris im Jahre 1613 als Sohn eines Advokaten geboren, studierte daselbst an der Universität anfangs Mathematik und klassische Sprachen, sodann Medizin und widmete sich nach Erlangung des Doktorgrades eine zeitlang der Praxis. Später zog es ihn immer mehr und mehr zur Architektur und auf diesem Gebiet wurde er am meisten bekannt als Schöpfer der Louvrekolonnade, die in jedem Reisehandbuch genannt wird. Das Interesse für Anatomie, das ihm seine medizinischen Studien einflößten, behielt er durch sein ganzes Leben. Er sezierte Tiere jeder Art und verglich die gewonnenen Resultate, bis er schließlich selbst ein Opfer seines Eifers wurde. Er starb im Jahre 1688 an einer Blutvergiftung, die er sich bei der Sektion eines im königlichen Tiergarten verendeten Kamels zugezogen hatte.

Die Arbeit, in der Perrault seine biologischen Spekulationen veröffentlicht hat, führt den Titel „Essais de la physique“. Der dritte von den vier Bänden dieses Werkes ist „Mechanique des animaux“ benannt, und in diesem entwickelt er seine Gedanken über die Funktionen des Tierlebens. Die Arbeit erschien im Jahre 1680, also gleichzeitig mit der von Borelli und gewiß unabhängig von jener. Borelli war, wie gesagt, ein Schüler von Galilei, Perrault dagegen zeigt in seinen Schriften deutlich, daß er von Gassendi beeinflußt war, obgleich vorhandene Biographien nichts von persönlicher oder literarischer Berührung zwischen ihnen zu berichten wissen. Gassendis Naturauffassung stützte sich, wie oben erwähnt, auf die antike Atomtheorie, in der besonders durch Lucretius in der Literatur erhaltenen gebliebenen Form. Außerdem war er ein Bewunderer von Galilei und Gegner von Descartes. Bei Perrault findet man übereinstimmende Ansichten in allen diesen Fragen. In seinem ersten Kapitel erklärt er, daß die Dinge aus unteilbaren kleinsten Teilchen zusammengesetzt seien, die zugleich hart und elastisch wären. Die Luft besonders setze sich zusammen aus teils feineren sphärischen, teils gröberen kubischen Teilchen. Andererseits zeigt sich Perrault hinsichtlich der Frage vom Gewicht vertraut mit Galileis Entdeckungen auf diesem Gebiet und polemisiert scharf gegen Descartes und besonders dessen Theorie, daß die Tiere kein Bewußtsein hätten. Hiergegen macht Perrault unter Hinweis auf zahlreiche Beispiele geltend, daß die Tiere eine selbständige und eigenartige Intelligenz besäßen. Sowohl in der Tierkunde als auch in der Physik unterscheidet Perrault zwei wissenschaftliche Methoden, die „historische“, die rein beschreibend ist, und die „philosophische“, die die Ursachen der Geschehnisse in der Natur zu ergründen sucht. Nach dieser philosophischen Methode behandelt Perrault verschiedene Erscheinungen im Tierreiche, wobei er stets den mechanischen Zusammenhang zu ergründen sucht und betont, daß dieses das einzige sei, was dem Menschen zu ergründen möglich wäre. Dabei wendet er

sich sowohl gegen die ältere idealistische Philosophie, die alle Beschäftigung mit Naturerscheinungen verachtete, als auch gegen die jüngere, nämlich die von Descartes, welche alle Seelenäußerungen bei Tieren leugnete. Perrault sucht also den mechanischen Verlauf einer ganzen Reihe von Lebensfunktionen zu ergründen, besonders hinsichtlich der Sinneseindrücke, der Verdauung und der äußeren Bewegungen. Auf allen diesen Gebieten äußert er originelle Gedanken, stets Vergleiche mit mechanischen Anordnungen in der unbelebten Natur heranziehend, wobei sich überall seine Eigenschaft als praktischer Techniker zeigt. So z. B. vergleicht er die gegeneinander wirkenden Muskeln eines Armes mit den gleichfalls sich entgegenwirkenden Wanten an einem Bootsmast. An einer anderen Stelle vergleicht er die Herzklappen mit dem Mechanismus einer Schleusenpforte. Seine Untersuchung über den Mechanismus des Gehörorganes ist reich an treffenden Beobachtungen, und auch betreffend des Sehorganes stellt er interessante Beobachtungen an, z. B. zwischen den Linsen bei verschiedenen Tieren, obgleich ihm natürlich die von Huygens und Newton begründete moderne Optik noch ganz unbekannt war. In allem sucht er mit Vorliebe die Beschaffenheit der Bewegungen zu ergründen, die die verschiedenen Teile des Körpers ausführen, und der Bau und die Funktion der Muskeln beschäftigen ihn deshalb in besonders hohem Grade. Im Gegensatz zu Borelli hegt er die falsche Vorstellung, daß es nicht das „Fleisch“ sei, das sich ausdehnt und zusammenzieht, sondern dazwischen liegende Längs- und Querfasern, also das Bindegewebe. Diesen Vorgang beschreibt er eingehend. Der Muskel ist nach seiner Ansicht in seiner natürlichen Lage zusammengezogen, und wenn er erschlafft, so geschieht es, weil die Nerven den Muskelfasern eine „Substance spiritueuse“ zuführen, die sie ausdehnt, wie die Hitze die Metalle. Die Bewegungsimpulse kommen also vom Gehirn, unter dessen Teilen ihm das verlängerte Mark als der wesentlichste, das Großhirn als der am wenigsten wichtige erscheint. Er hatte nämlich beobachtet, daß man bei einem lebenden Hunde das Großhirn wegschneiden könne, ohne daß das Tier stirbt, während eine Beschädigung des verlängerten Rückenmarks sofortigen Tod zur Folge hat. Diese Tatsache findet bekanntlich in der heutigen Physiologie ihre Bestätigung, wenn auch der von Perrault aus ihr gezogene Schluß, das Großhirn sei weniger wichtig, unrichtig war. Der „Peristaltik“, mit der er die Bewegungen innerhalb des Körpers bezeichnet, widmet er ein besonderes Kapitel, das gleichfalls etliche scharfsinnige Beobachtungen enthält, zumal der Ernährungsvorgang ihn ganz besonders interessierte. Über die chemischen Vorgänge dabei hat er, wie zu erwarten, eine Reihe falscher Vorstellungen, wie z. B., daß die Luft nährende Bestandteile enthalte, da einige Schlangenjungen, die er ohne Nahrung in einem Gefäß hielt, „von Luft“ nicht nur

lebten, sondern sogar wuchsen. Daß er die embryonale Reservenahrung, von der die Tierchen in der Tat lebten, nicht feststellen konnte, ist bei den Untersuchungsmethoden jener Zeit gar nicht zu verwundern.

Perrault kann also trotz einzelner Irrtümer neben Borelli als ein Bahnbrecher der modernen Biologie genannt werden, und zusammen mit ihnen beiden verdient als dritter in derselben Richtung Forschender der durch seine eigentümlichen Lebensschicksale bekannte dänische Gelehrte Steno erwähnt zu werden.

Niels Steensen, bekannt unter seinem lateinisierten Namen Nicolaus Steno, wurde im Jahre 1638 zu Kopenhagen in einer wohlhabenden Goldschmiedefamilie geboren. Er zeigte schon früh Interesse für Medizin und studierte dieses Fach zuerst in seiner Vaterstadt unter Bartholin, dann in Amsterdam und Leiden. Seine schon in jungen Jahren gemachten bedeutenden anatomischen Entdeckungen verschafften ihm europäischen Ruf. Wir sehen ihn dann während einiger Jahre in der Heimat bemüht, eine Anstellung bei der Universität zu erhalten. Da aber Bartholins Verwandte stets vorgezogen wurden, wurde er die Sache überdrüssig und reiste, nachdem er sein väterliches Erbe erhalten, nach Paris. Hier studierte er eine zeitlang die Anatomie des Gehirns und veröffentlichte eine Schrift über diesen Gegenstand, worauf er sich nach Italien begab, um in Padua und Florenz weiterzuarbeiten. Der Großherzog von Toscana wurde ihm besonders gewogen und gab ihm die Mittel zu fortgesetzten Studien und Publikationen. In diesen neuen Verhältnissen jedoch geriet Steno in einen schweren geistlichen Konflikt, der mit seinem Übertritt zur katholischen Kirche endete. Dieser Schritt verschaffte ihm glänzende äußere Vorteile, störte aber bald völlig sein geistiges Gleichgewicht. Nach einem Besuch in seinem Vaterlande, wo man zu spät gelernt hatte, seinen Wert zu schätzen, und ihm ein gutes Gehalt in Aussicht stellte, seinen Religionswechsel aber begreiflicherweise ungern sah, kehrte er nach Italien zurück, erhielt die Priesterweihe und wurde bald Bischof und Leiter der katholischen Propagande in Norddeutschland. Als solcher entwickelte er einen fanatischen Eifer und richtete u. a. an Spinoza, den er in seiner Jugend kennen gelernt hatte, ein Schreiben, worin er ihn zur Bekehrung ermahnt. Spinoza antwortete mit Stillschweigen. Steno führte eine asketische Lebensweise, die seine Gesundheit untergrub. Nur 48 Jahre alt starb er im Jahre 1686 und wurde mit großem Gepränge in Florenz begraben, wo ein prachtvolles Denkmal in der Kirche San Lorenzo sein Andenken verewigt.

Als Anatom widmete sich Steno hauptsächlich dem Studium zweier Organsysteme, dem Drüsen- und dem Muskelsystem. Hinsichtlich der Drüsen waren freilich Glisson und Wharton die Bahnbrecher gewesen, aber Steno lieferte jedenfalls neue, wichtige Beiträge zur Kenntnis dieser

Organe, indem er den Ausführungsgang der Parotisdrüse entdeckte, der den Namen „Ductus stenonianus“ erhalten hat, die Anatomie der übrigen Munddrüsen im wesentlichen klarlegte und schließlich noch den Ausführungsgang der Tränendrüse fand. Als Muskelanatom besteht sein Verdienst in erster Linie darin, daß er, wie er selbst sagt, die Gesetze der Mathematik auf die Anatomie anwandte und so ein geometrisches System für die Muskeln schuf. Seine hervorragendste Muskeluntersuchung, in welcher er mit großer Sorgfalt unter dem erwähnten Gesichtspunkte eine Anzahl Muskeln analysiert, indem er von ihren einfachen Bestandteilen ausgeht, erschien 12 Jahre vor Borellis großem Werk. In diesem wird auch Stenos Theorie angeführt, jedoch mit der Bemerkung, daß ihre Regeln nur für gewisse Fälle Geltung hätten. In der Tat behandelt Stenos Werk ein weit begrenzteres Gebiet als das von Borelli. Es ist in seiner Methode mehr spekulativ und weniger experimentell als letztere und entbehrt, obgleich es früher erschienen ist, der universellen Tragweite des Buches „Über die Bewegungen der Tiere“.

Außer den oben genannten Entdeckungen gelangen Steno in der kurzen Zeit seiner wissenschaftlichen Tätigkeit noch etliche bedeutungsvolle Beiträge. So entdeckte er die Ovarien bei den Haien, die bekanntlich lebende Junge gebären, und sah selbst die Tragweite seiner Entdeckung vollkommen ein, denn bis dahin hatte man geglaubt, daß nur eierlegende Tiere Ovarien besäßen. Stenos größte Bedeutung für die Geschichte der Biologie liegt jedoch darin, daß er der Urheber der modernen Paläontologie ist. Schon in der ersten Zeit in Florenz hatte er Gelegenheit, die dort zahlreich vorkommenden Steinbildungen zu studieren, die das Volk Steinzungen, „Glossopetri“, nannte, und kam durch vergleichende Untersuchung zum Schluß, daß es Zähne von Haien sein müßten. Später in Toscana begann er systematisch die Erdschichten dieses Landes zu studieren und zog aus ihrer Lage und ihrem Vorkommen den Schluß, daß sie sich aus dem Wasser abgesetzt haben müßten. Diese Vermutung bestätigten nach seiner Meinung auch die vielen dort vorkommenden Tier- und Pflanzenreste. Gestützt auf diese Tatsachen entwarf er eine Theorie über die Entstehung der Erdschichten, die als der Vorbote unserer modernen geologischen Wissenschaft zu betrachten ist. Weiter als bis zu diesem Entwurf kam er jedoch nicht mit seiner Theorie, die hinsichtlich der Zeitverhältnisse nicht mit der von ihm mit Hingebung verehrten kirchlichen Lehre übereinstimmte, und dieser Umstand war wohl auch eine von den Ursachen, die ihn bewogen, der Wissenschaft zu entsagen, die er mit so schönen Forschungsresultaten bereichert hat. In der erwähnten wissenschaftlichen Arbeit behandelt Steno übrigens auch andere als rein geologische und paläontologische Fragen. Seine Theorie von den geologischen Ablagerungen ist eigentlich nur ein Glied einer

allgemeinen Theorie über den Stoffwechsel in der Natur, nach welcher alle Dinge, die existieren, ursprünglich sich aus dem Wasser absetzten und fortlaufend aus den Flüssigkeiten niedergeschlagen werden. Hier kommt er nun auf den Kristallisationsprozeß im Mineralreich zu sprechen, den er eingehend und mit gutem Erfolge untersucht hat, und behandelt im Zusammenhang mit ihm den Stoffwechsel und die Organbildung bei Tieren. Diese Vorgänge faßt er ebenfalls als Ablagerungsprozesse auf, ähnlich denen, die in der unbelebten Natur vor sich gehen, nämlich als Niederschlagbildung aus Flüssigkeiten, unter denen er verschiedene Arten in den tierischen und pflanzlichen Organismen unterscheidet. Er faßt also die Stoffwechselerscheinungen in der lebenden und unbelebten Natur unter einem Gesichtspunkt zusammen, ohne ein Verständnis für die wesentliche Verschiedenheit im Wachstum eines Kristalls und eines lebenden Organs zu zeigen. Hier sieht man deutlich die Beschränktheit der mechanischen Naturauffassung im 17. Jahrhundert, die sicher mit daran schuld ist, daß die vielversprechenden Anregungen eines Borelli, eines Perrault und eines Steno ohne Folgen blieben. Die damals noch so geringe Ausbildung der organischen Chemie machte nämlich die Entwicklung der Experimentalbiologie über das Gebiet der reinen Mechanik hinaus, auf dem die genannten Forscher ihre schönen Resultate ernteten, unmöglich. Eine andere Ursache, weshalb die biologische Forschung eine neue Richtung einschlug, war indessen von noch entscheidenderer Bedeutung, nämlich die Erfindung und fortlaufende Verbesserung des Mikroskopes, das der Biologie bisher ungeahnte Möglichkeiten eröffnete. Wir wenden uns nun dieser Methode und ihren Vertretern zu.

3. Die Mikroskopie und Mikrotechnik.

Daß geschliffene Linsen das Sehvermögen steigern, dürfte schon im klassischen Altertum bekannt gewesen sein. Im 16. Jahrhundert jedoch kamen erst Brillen und einfache Vergrößerungsgläser in Gebrauch. Als Erfinder zusammengesetzter Linsensysteme werden gewöhnlich zwei holländische Brillenglasschleifer, die beiden Janssen, genannt. Diese ältesten Mikroskope waren natürlich äußerst primitiv. Sie bestanden aus einem Rohr mit einer Platte zur Aufnahme des Objektes am einen Ende und der oder den Linsen am anderen, ohne jede Fokuseinstellung. Beim Gebrauch hielt man das Rohr ans Auge und richtete es gegen das Licht wie ein Fernrohr. Die Vergrößerung war anfangs nur 10fach, erregte aber doch beim Publikum große Bewunderung, besonders da man die Bewegungen kleiner Wesen sehen konnte; nach dem damals beliebtesten mikroskopischen Schauobjekt wurde der älteste Mikroskoptypus einfach „Vitrum pulicare“ oder Flohglas genannt. Im 17. Jahrhundert wurde die Konstruktion des Mikroskopes, namentlich der Linsensysteme, wesent-

lich verbessert, so daß einzelne besonders gute Exemplare aus geschickter Meister Hand, wie das weiter unten zu erwähnende von Leeuwenhoek, 270fache Vergrößerung möglich machten. Auf diesem Punkte blieb indessen der Mikroskopbau während des ganzen 18. und noch recht lange in das 19. Jahrhundert hinein stehen. Erst in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts begann die lange Reihe neuer Erfindungen, die allmählich das Mikroskop zu dem machten, was es nun ist. Die Mikroskopie weist darum auch zwei Glanzperioden auf — im 17. und von der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts an bis in unsere Zeit.

Schon Harvey gebrauchte nach seiner eigenen Angabe ein „Perspicillum" bei dem Studium des Blutkreislaufes der Insekten. Die erste wissenschaftliche Abhandlung, die sich ausschließlich auf mikroskopische Untersuchungen gründete, war die Untersuchung des Italieners Francisco Stelluti über den Bau der Biene, die im Jahre 1625 in Rom erschien. Der hervorragendste jedoch unter denen, die da anfingen, ihre Forschung systematisch mit Hilfe von Vergrößerungsapparaten zu betreiben, war der Italiener Malpighi.

Marcello Malpighi wurde im Jahre 1628 in Cavalcuore, einem Orte in der Nähe von Bologna, geboren, wo sein Vater ein Landgut besaß. Hier verbrachte Marcello seine Kinderjahre, kam als sehr junger Student nach Bologna und studierte anfangs aristotelische Philosophie. Seine Studien wurden jedoch im Jahre 1649 durch den Tod beider Eltern unterbrochen, denn er mußte die Universität verlassen, um während einiger Jahre die Geschäfte des Vaters zu ordnen und für seine jüngeren Geschwister zu sorgen. Der letztgenannte Grund veranlaßte ihn übrigens, auf die Universität zurückzukehren, schnell den Doktorgrad in der Medizin zu erlangen (1653) und mit der ärztlichen Praxis zu beginnen, neben der er auch akademischen Unterricht erteilte. Seine glänzende Begabung zeigte sich zwar früh, aber eine Menge Intrigen hinderten sein Fortkommen, und als der Senat von Bologna endlich im Jahre 1656 eine persönliche Professur für ihn gründete, zog er es vor, die Berufung auf einen medizinischen Lehrstuhl in Pisa anzunehmen. Dort lernte er Borelli kennen, und aus der Bekanntschaft entwickelte sich eine lebenslängliche treue Freundschaft, wobei anfangs Borelli auf den 20 Jahre jüngeren Kollegen den Einfluß eines Lehrers ausübte und ihn die Mängel des bis dahin verehrten Aristotelismus kennen lehrte. Indessen glaubte Malpighi, das Klima in Pisa schade seiner Gesundheit, und er kehrte deshalb wieder nach Bologna zurück, wurde aber bald darauf auf Borellis Empfehlung mit gutem Gehalt nach Messina berufen. Er verließ aber auch diese Professur nach 4 Jahren, müde der Intrigen und Belästigungen seitens der Behörden, und kehrte 1666 noch einmal nach Bologna zurück, wo ihn eine Professur erwartete, die er mit Erfolg noch 25 Jahre bekleidete.

Schon vom Alter gebrochen, wurde er zum päpstlichen Leibarzt berufen und starb in Rom nach 3 Jahren am Schlage (1694).

Im Gegensatz zu den Biologen älterer Zeiten veröffentlichte Malpighi seine Beobachtungen nicht in größeren zusammenhängenden Werken, sondern ähnlich, wie es so viele in unseren Tagen machen, in Form kurzer Mitteilungen, bisweilen nur wenige Seiten, und sandte sie gewöhnlich an die Royal Society in London, deren Mitglied er war und die seine Schriften druckte. Diese kleinen Schriften enthielten fast jede eine wichtige Entdeckung aus einem der verschiedenen Gebiete der Biologie. Das Gemeinsame in allen diesen Veröffentlichungen war jedoch nicht eine leitende Idee, sondern die mikroskopische Technik, die Malpighi mit unübertroffener Meisterschaft auf alle möglichen Objekte der lebenden Natur anwendete, die gerade seine Aufmerksamkeit erregten. Er wurde auf diese Weise der Begründer der mikroskopischen Anatomie sowohl im Tier-, als auch im Pflanzenreiche. Eine Ursache der sporadischen Art, in der er seine Ergebnisse veröffentlichte, ist vielleicht in seiner mangelnden Neigung oder Begabung für Schriftstellerei zu suchen. Stilistisch stehen nämlich seine Arbeiten nicht auf der Höhe; sie sind oft unklar und bisweilen fast unmöglich zu verstehen.

Malphighis der Zeit nach erste und sicher dem Inhalt nach hervorragendste Schrift ist sein kurzer, in Form zweier Briefe an Borelli abgefaßter Bericht über seine Untersuchung des feineren Baues der Lungen. Er hebt im ersten von diesen Aufsätzen hervor, daß die Lungensubstanz bis dahin für „fleischartig" gegolten hätte, was aber unrichtig wäre, da die Lungen im Gegenteil aus einer Masse äußerst dünnwandiger Bläschen bestehen, die mit den feinsten Verzweigungen der Luftröhre kommunizieren. Das, meint er, könne man am besten beobachten, wenn man aus einer frischen Lunge mit Wasser das Blut herausspült, sie dann durch die Luftröhre aufbläst und trocknet. Im Zusammenhang mit dieser Entdeckung teilt er einige Betrachtungen über die Funktion der Lungen mit, wobei er annimmt, daß sie dazu da seien, das Blut flüssig zu erhalten und seine Gerinnung zu verhindern, die eintritt, wenn es die Adern verlassen hat. Die Erhitzung des Blutes beim Fieber wird ebenfalls besprochen, und er hält sie für die Folge eines Gärungsprozesses. Im zweiten Brief berichtet er über den feineren Bau der Froschlunge und im Zusammenhang hiermit über seine Entdeckung des Kapillarsystemes als des Verbindungsgliedes zwischen Arterien und Venen, das er an diesem Untersuchungsobjekt beobachtet hatte. Zur Demonstration dieses Gefäßsystemes empfiehlt er, eine Froschlunge aufzublasen, dann zu trocknen und unter dem Vergrößerungsglase zu untersuchen. Er betont selbst die Bedeutung dieser Entdeckung des Überganges von venösem Blut in arterielles, und darin hat ihm die Nachwelt recht gegeben. Darauf widmete er sich der

Untersuchung einer Reihe von Organen, die er zu der Kategorie der Drüsen rechnete. Diese Untersuchungen wurden teils an frischem Material ausgeführt, teils nach Härtung desselben durch Kochen, wobei er durch Injektion von Blutgefäßen und Präparation der Gewebe den kleinsten Elementen auf die Spur zu kommen trachtete. In der Leber, an der er die Arbeit begann, verfolgte er die Blutgefäße bis zu ihren feinsten Verzweigungen und brachte diese in Beziehung zu einer Menge kleiner Anschwellungen, die er aus der gekochten Leber herauspräparieren konnte. Durch diese Feststellung hielt er die Drüsennatur der Leber für bewiesen, und auch hierin hat ihm die Nachwelt recht gegeben, obschon jene kleinen Anschwellungen Kunstprodukte waren und keine wirklichen Strukturelemente der Leber. Zu den Drüsenuntersuchungen zählt Malpighi auch seine Beobachtungen über die Großhirnrinde. In dieser sah er die Pyramidenzellen, die er für Drüsenelemente hielt, welche das „Fluidum" ausscheiden, durch das die Muskeln zur Kontraktion gereizt werden. Die Nerven sind hohl und bilden die Ausführungsgänge für dieses Fluidum, dessen Beschaffenheit Malpighi nicht weiter charakterisiert, obgleich er es, wie Willis, für eine flüchtige Flüssigkeit zu halten scheint. Im übrigen hat er Beiträge zur Kenntnis der Blutgefäßverzweigungen im Gehirn geliefert; doch sind seine Spekulationen über die Funktion der Hirnrinde wenig aufklärend, wie Malphigi überhaupt mehr praktischer Beobachter als Theoretiker ist. — Zum Schluß untersuchte Malpighi Nieren und Milz nach denselben Methoden wie die vorhergehenden Organe und kam auch da zu wertvollen Ergebnissen. In der Niere stellte er den Verlauf der Blutgefäße und Kanäle fest und gab überhaupt eine gute Beschreibung des Organs beim Menschen und mehreren Säugetierformen — die Glomeruli der Niere tragen noch heute seinen Namen, ebenso wie auch die Malpighischen Körperchen der Milz an seine Beobachtungsgabe erinnern. Besonders verdienstvoll ist Malpighis Monographie über die Zunge, deren Muskeln und Nerven er klargelegt und deren Papillen er beschrieben und als Geschmacksorgan bezeichnet hat. Schließlich hat er auch über die Entwicklung des Hühnereies Untersuchungen veröffentlicht, die in verdienstvoller Weise die älteren Untersuchungen von Fabrizio und Harvey ergänzen. Auch auf dem Gebiete der Biologie der Wirbellosen hat sich Malpighi verdient gemacht, besonders durch die Untersuchung des Baues und der Entwicklungsgeschichte der Seidenraupe, an der er u. a. die für die Tracheaten charakteristischen Exkretionsorgane entdeckte, die man jetzt Malpighische Gefäße nennt, und auch in anderer Hinsicht hat er die Kenntnis der Anatomie der Insektenlarve begründet und zugleich wertvolle Beobachtungen über die Entwicklung des Schmetterlings in der Puppe und seinen anatomischen Bau gemacht.

Nun bleibt uns übrig, Malpighis Tätigkeit als Bahnbrecher auf einem ganz neuen Gebiete, dem der Pflanzenanatomie, zu schildern. Die Biologie als die Wissenschaft vom Leben und seinen Äußerungen ist aus leicht begreiflichen Gründen vom Studium derjenigen Wesen ausgegangen, die dem Menschen am nächsten stehen, nämlich von ihm selbst in erster Linie und dann von den höheren und niederen Tieren. Die Pflanzen kamen erst zuletzt an die Reihe. Es gibt aber zwei Gebiete in der Biologie, wo die Pflanzen von Anfang an eine ausschlaggebendere Rolle gespielt haben als die Tiere, nämlich in der Systematik und in der Zellen- und Gewebelehre. Daß auf dem letztgenannten Gebiete die Pflanzen einen geeigneteren Ausgangspunkt für Untersuchungen bildeten, beruht auf ihren durch Zellulosebildungen so leicht erkennbaren Elementen. Infolge der hierdurch bedingten, in der Hauptsache schon mit bloßem Auge sichtbaren Strukturverhältnisse wurden also die Pflanzen der Ausgangspunkt für das Studium der elementaren Beschaffenheit der lebenden Materie überhaupt, und die Ehre, dieses Studium in die Wissenschaft eingeführt zu haben, gebührt Malpighi, der sie in gewisser Hinsicht mit einem anderen, dem englischen Arzte Grew, teilt.

Die Ergebnisse von Malpighis Untersuchungen über die Anatomie der Pflanzen wurden nach 10jährigen Vorarbeiten an die Royal Society nach London gesandt und von ihr publiziert. Sie bestehen aus einer vergleichenden Darstellung der Anatomie verschiedener Holz- und Krautgewächse. Zunächst wird der Bau der Rinde beschrieben, dann folgen das Holz, das Mark, die Knospen, Blätter, Blüten und Früchte. Alle diese verschiedenen Teile der Pflanzen setzen sich zusammen aus kleinen Bläschen, Utriculi, die man mit dem Vergrößerungsglase unterscheiden kann und die zusammen größere zusammenhängende Schichten bilden. Die Epidermis und die Bastschicht der Rinde, die Gefäßbündel und Fasern des Holzes werden analysiert, und besonders Interesse erregen die Spiralgefäße, deren innere Spiralverdickung mit dem Tracheensystem der Insekten nicht bloß dem Bau, sondern auch der Funktion nach verglichen wird. Diese zufällige Ähnlichkeit veranlaßt Malpighi, eine allgemeine Theorie über die Atmung bei allen lebenden Wesen aufzustellen, die trotz all ihrer Unüberlegtheit doch die Ahnung von der Einheitlichkeit der Lebenserscheinungen bei allen Lebewesen ausdrückt. Er nimmt an, daß je vollkommener das lebende Wesen, desto kleiner sein Atemorgan sei. Der Mensch und die höheren Tiere begnügen sich mit einem Paar Lungen von verhältnismäßig geringer Größe, während die Fische viele und reich verzweigte Kiemen, die Insekten im ganzen Körper verbreitete Tracheen haben und die Pflanzen gar eine solche Menge von Spiralgefäßen besitzen, daß auch die unbedeutendsten Verzweigungen von ihnen erfüllt sind. Die Pflanzen nehmen seiner Meinung nach die Luft aus der Erde

durch die Wurzeln auf, die Blätter dagegen hätten keine dazu dienlichen Öffnungen. Was nun die Bedeutung der Atmung bei einem Lebewesen betrifft, so befördere sie die Bewegung der Nahrungssäfte und die „Gärung“. Diese spielt überhaupt in Malpighis physiologischen Betrachtungen dieselbe Rolle wie das Kochen bei Aristoteles — immerhin ein Fortschritt trotz des auf dem damaligen Stande der Chemie beruhenden unbestimmten Begriffes. Überhaupt kommt Malpighi im Anschluß an seinen Bericht über die Elementarbestandteile der Pflanzen auf eine Menge allgemeiner Betrachtungen zu sprechen, die alle darauf hinauslaufen, die Ähnlichkeit zwischen den Organen der Pflanzen und Tiere darzulegen. In dieser Hinsicht befolgt er denselben Grundsatz, der den Botanikern jener Zeit eigen ist und das Ergebnis von Cesalpinos pflanzenphysiologischen Spekulationen war, auf die wir im folgenden zurückkommen werden. Es liegt jedoch in der Natur der Sache, daß diese Vergleiche in den meisten Fällen irreführen mußten, und sie haben in der Tat Malpighi gehindert, sein gutes Tatsachenmaterial so auszunutzen, wie er es sonst vielleicht vermocht hätte. So z. B. vergleicht er die Knospen, aus denen Blätter und Zweige sprießen, mit dem Ovarium und Uterus. Hernach bespricht er die Blüten und vergleicht sie sorgfältig bei verschiedenen Pflanzen; da ihm aber ihre sexuelle Bedeutung nicht klar wird, nimmt er an, daß sie dazu dienen, die Säfte der Pflanzen vor dem Fruchtansatz zu reinigen etwa in derselben Weise, wie der Schwangerschaft die Menstruation vorausgeht. Die Entwicklung des Pflanzenkeims studierte er an einer Menge verschiedener Samen, sucht dabei aber immer nach Uterus, Tuba, Nabelstrang und Amnion, was ihn natürlich zu krassen Ungereimtheiten verleitet. Mit besonderem Eifer hat Malpighi Gallbildungen bei verschiedenen Pflanzenformen studiert. Es war ihm vollkommen klar, daß sie von Insekten hervorgerufen werden, und andererseits stellt er fest, daß die Anschwellungen an den Wurzeln der Schotengewächse nicht von Insekten herrühren, kann aber keine andere Erklärung finden[1]). Auch eine Menge anderer Mißbildungen an Pflanzen hat er studiert und stellte über sie seine Betrachtungen an. Von den Wurzelknollen vieler Pflanzen weiß er, daß sie Reservenahrung enthalten; dagegen führte ihn seine Theorie über die Ernährung der Pflanzen, mit der er sein Werk abschließt, von neuem auf verfehlte Vergleiche mit Vorgängen im Tierreiche.

Zur selben Zeit, als Malpighi den ersten Teil seiner Pflanzenanatomie der Royal Society zusandte, hatte diese Gesellschaft übrigens eine andere Arbeit über dasselbe Thema zum Druck befördert, die unabhängig von Malpighi von einem englischen Arzte, Nehemiah Grew, verfaßt war.

1) Erst in unserer Zeit hat man festgestellt, daß sie durch Bakterien hervorgerufen werden.

Geboren 1628, war Grew der Sohn eines Pfarrers, der sich während des großen Bürgerkrieges den Gegnern des Königs angeschlossen hatte und deshalb nach der Rückkehr Carls II. seiner Pfarre verlustig ging. Sein Sohn, der damals Student in Cambridge war, setzte, vermutlich aus denselben Gründen, seine Studien im Auslande fort, wo er 1671 in Leiden über eine Abhandlung über die Flüssigkeiten des Nervensystems disputierte. Darauf ließ er sich in einer kleinen Stadt als praktischer Arzt nieder, konnte aber bald wegen des Rufes, den ihm seine pflanzenanatomische Arbeit verschaffte, nach London übersiedeln, wo er sich zwar auch der Praxis widmete, aber auch wissenschaftlich arbeitete. Schließlich wurde er Sekretär der Royal Society und starb im Jahre 1712.

Als Gelehrter beschäftigte sich Grew fast ausschließlich mit Pflanzenanatomie. Seine Untersuchungen erhielten schon dadurch einen anderen Anstrich als die von Malpighi, daß er sich ganz und gar aller Vergleiche mit der Tier- und Menschenanatomie enthielt. Auch Grew studierte den Bau des Fruchtknotens und das Keimen des Samens bei einer Menge Pflanzen, aber er benutzte dabei seine eigene Terminologie, ohne dazu auch nur etwas von der Tieranatomie zu entlehnen. Die Bezeichnung Parenchym hat sich bis heute in der Pflanzenanatomie erhalten. Die Zellen und Gefäße des Stammes entdeckte er unabhängig von Malpighi und beschreibt die anatomischen Einzelheiten im allgemeinen nüchterner und eingehender, wenn auch weniger ideenreich, als jener. Er stellt die Behauptung auf, daß das Pistill das weibliche, die Staubfäden mit dem Pollen das männliche Geschlecht in der Pflanze repräsentieren und betont ihren Hermaphroditismus. Dagegen aber verliert er sich in Betrachtungen über männliche und weibliche „Säfte“ in den Pflanzen, die heute nur noch Kuriositätswert haben. Das Prioritätsrecht, betreffend die Entdeckung des Gefäßsystemes der Pflanzen, trat er freiwillig an Malpighi ab, der seinerseits die Übersetzung von Grews Schriften ins Lateinische besorgte. Diese beiden Forscher förderten die Pflanzenanatomie in einem Grade, daß mehr als ein Jahrhundert nach ihnen verging, bevor wieder wesentlich Neues zu ihren Ergebnissen gefügt werden konnte. Durch sie wurde in die Biologie die Kenntnis von der organisierten Materie als etwas hinsichtlich der Struktur Eigenartigen eingeführt — es wurde der Begriff „Gewebe“ aufgestellt, freilich einstweilen bloß innerhalb der Botanik, wie auch die die Gewebe zusammensetzenden Elemente, die Zellen, in den Pflanzen beobachtet und beschrieben wurden. Jedoch sollten noch fast zwei Jahrhunderte vergehen, bevor man die ganze Tragweite dieses Fortschrittes verstehen lernte. Die Zeitgenossen und die nächsten Generationen bewunderten freilich die Genauigkeit dieser Untersuchungen, denen sie jedoch mehr Neugier als Verständnis entgegenbrachten. Um so höher sind die Forscher zu schätzen,

die wenigstens ahnten, daß hier Aufgaben von höchstem Wert für die Zukunft der Wissenschaft vorlagen. Daß die Zeitgenossen den von den beiden Forschern eingeschlagenen Weg nicht fortsetzten, beruhte wohl zweifellos meist darauf, daß das Mikroskop auf dem Gebiete der Tieranatomie zur selben Zeit ein großes und im Augenblick interessanteres Feld der Forschung eröffnete. Besonders war die Anatomie der niederen Tiere ein noch ganz und gar unbearbeitetes Gebiet von vielversprechender Entwicklungsmöglichkeit, das gerade auch in dieser Zeit mit glänzendem Erfolg in Angriff genommen wurde.

Antony van Leeuwenhoek wurde im Jahre 1632 in Delft in Holland geboren und schon als Knabe als Kaufmannslehrling nach Amsterdam geschickt. Nachdem er eine zeitlang im Tuchhandel beschäftigt gewesen war, kehrte er in seine Vaterstadt zurück, wo er eine Anstellung im Kommunaldienst erhielt[1]), die jedoch seine Zeit nicht zu sehr in Anspruch nahm, da er den größten Teil seines Lebens der Befriedigung seines Interesses für Naturstudien widmen konnte. Als Forscher war Leeuwenhoek Autodidakt. Er hatte nie wissenschaftlichen Unterricht erhalten, und da er die lateinische Sprache, in der damals im allgemeinen die Naturforscher ihre Werke veröffentlichten, nicht beherrschte, war ihm der wissenschaftliche Verkehr verschlossen, und er war allein auf sich angewiesen. Ihn fesselten von Anfang an die merkwürdigen Dinge, die das Vergrößerungsglas erkennen läßt; er lernte Linsen schleifen und brachte es in dieser Kunst durch Fleiß und natürliche Veranlagung weiter als seine Zeitgenossen. Unermüdlich im Erproben neuer Mittel und Kombinationen gab er seinen Vergrößerungsapparaten alle möglichen, oft sehr wunderlichen Formen. Als Material für seine Linsen versuchte er es mit Glas, Bergkristall und sogar mit Diamant. Am besten gelangen ihm einfache Linsen mit starker Vergrößerung — eine solche, die noch erhalten ist, soll bis 270mal vergrößern. Wie es oft bei Autodidakten vorkommt, hütete er eifersüchtig seine Erfindungen und verkaufte oder lieh niemals ein Vergrößerungsglas anderen. Dagegen gestattete er fremden Gelehrten, bei ihm zu Hause seine Instrumente zu benutzen, jedoch nie die am stärksten vergrößernden. In seinem Nachlaß soll man mehr als 400 Mikroskope und Vergrößerungsgläser gefunden haben. Einen Teil derselben hatte er der Royal Society in London vermacht, deren Mitglied er war und die die meisten seiner Beobachtungen veröffentlichte. Bis zuletzt tätig, erreichte Leeuwenhoek ein Alter von 90 Jahren und starb in seiner Geburtsstadt im Jahre 1723.

Leeuwenhoeks gesammelte Schriften sind von recht bedeutendem Umfang und inhaltlich außerordentlich buntscheckig. Das einzige Ge-

1) Er nannte sich „Kamerbewarer der Kamer van Heeren Schepen van Delft".

meinsame in ihnen ist die mikroskopische Methode, und diese wandte Leeuwenhoek buchstäblich auf alles an, was ihm unter die Augen kam — Kristalle, Mineralien, Pflanzen und Tiere. Hinsichtlich der letzteren schuf er keine besondere mikroskopische Technik, sondern betrachtete und zeichnete die Einzelheiten, wie sie vorlagen, brachte es aber in ihrem Studium dennoch weiter als alle Zeitgenossen, da er nicht nur über die stärksten Vergrößerungslinsen jener Zeit, sondern auch gewiß über die schärfsten Augen verfügte. An allem, was er sah, stellte er genaue Messungen an, und da seine Zeit noch kein geeignetes Maßsystem für seine Zwecke hatte, war er gezwungen, beliebig gewählte Gegenstände, z. B. Haare, Sandkörner, als Maße zu benutzen, indem er oft Bruchteile von ihnen bis in die Tausendstel anführt. Über seine Beobachtungen machte er genaue Notizen, die er in Form von Briefen an die Royal Society sandte. In diese Vereinigung war er von seinem Freunde de Graaf eingeführt worden und wurde auch bald ihr Mitglied. Ein und derselbe Brief von Leeuwenhoek konnte oft eine Menge verschiedener Notizen und Beobachtungen enthalten, und es gereichte ihm unzweifelhaft zum Vorteil, daß er sich nur selten auf theoretische Spekulationen einließ, sondern bloß beschrieb und abbildete, was er sah, denn im Theoretisieren hatte er gewöhnlich kein Glück. Das hat er offenbar eingesehen, da er sich an die realen Tatsachen hielt, die er gelernt hatte zu beherrschen.

Die Anzahl grundlegender Tatsachen ist allerdings groß, welche die Biologie Leeuwenhoek verdankt. In erster Linie sollen seine Studien über den Blutkreislauf besprochen werden. Er erweiterte und vervollständigte die von Malpighi begründete Kenntnis des Kapillarnetzes, indem er klar bewies, daß sich die Venen und Arterien jede für sich unmittelbar in Kapillaren fortsetzen und auf diese Weise ineinander übergehen. Ferner hat Leeuwenhoek zum erstenmal deutlich die Blutkörperchen erkannt und beschrieben, anfangs beim Frosch, später beim Menschen und bei etlichen Tierformen. Malpighi hatte geglaubt, im Blute „Fettkugeln“ zu erkennen, aber sie nicht weiter untersucht, so daß Leeuwenhoek die Ehre gebührt, diese Frage wirklich gelöst zu haben. Dasselbe gilt von den Spermatozoen, die zwar ein holländischer Student namens Hamm zuerst gesehen hat, aber Leeuwenhoek bei einer Anzahl von Tierformen näher untersuchte. Bei dieser Gelegenheit stellte er eingehende Untersuchungen über die Befruchtung bei verschiedenen Tieren an, besonders bei Fischen und Fröschen. Er beobachtete beim Frosch die Vereinigung von Ei und Spermatozoon, glaubte aber, wie Aristoteles, daß vom Männchen das Leben selbst herkomme, das Weibchen liefere bloß im Ei die Nahrung und Wachstumsmöglichkeit. Diese Theorie suchte er zu beweisen, indem er verschieden gefärbte Kaninchen paarte und beobachtete, daß von einem weißen Weibchen und einem grauen

Männchen alle Jungen grau wie der Vater wurden. Hätte er aber den Versuch durch mehrere Generationen fortgesetzt, so wäre er sicher zu einem anderen Resultat gekommen. — Er hat ferner eine ganze Menge histologischer Einzelheiten verschiedenster Art beobachtet — die Querstreifung der Muskeln, die Struktur des Zahnbeines, den Bau der Linse beim Menschen und den höheren Tieren usw. Nicht weniger bemerkenswert sind seine Entdeckungen in der niederen Tierwelt. Hier hat er die Infusorien und Rädertiere im Wasser entdeckt, die Fortpflanzung der Ameisen klargelegt, indem er ihre wirklichen Eier auffand und feststellte, daß das, was man bis dahin als Eier bezeichnet hatte, die Puppen dieser Tiere waren. Mit großer Bestimmtheit wendet er sich gegen die Ansicht, als entständen alle möglichen kleinen Tiere durch Fäulnis und Gärung lebloser Materie, und behauptet, daß auch die kleinsten Tiere sich normal fortpflanzen. Als Beweis hierfür weist er auf die Fortpflanzung der Flöhe und Blattläuse hin. Und fügen wir hier noch hinzu, daß er im Pflanzenreiche auf den Unterschied zwischen den Mono- und Dikotyledonen im Bau des Stammes hinweist, so dürfte diese noch keineswegs vollständige Übersicht einen Begriff von seiner vielseitigen Tätigkeit geben, die auch ohne bedeutende theoretische Beiträge in ungewöhnlich hohem Grade die Kenntnis von der Natur gefördert hat.

Holland wurde überhaupt in der zweiten Häfte des 17. Jahrhunderts ein Mittelpunkt für biologische Forschung. Aus der Zahl der vielen bedeutenden Forscher, die hier in jener Zeit wirkten, können nur die wichtigsten angeführt werden, solche, die in der einen oder anderen Hinsicht neue Wege der Forschung gebahnt haben.

Jan Swammerdam wurde in Amsterdam im Jahre 1637 geboren. Sein Vater war Apotheker, der sich durch Sparsamkeit ein hübsches Vermögen erworben hatte und sich zudem auch für Naturwissenschaft interessierte. Er hatte ein eigenes Naturalienkabinett, wie man es damals nannte, das er zu vermehren bestrebt war und mit Sorgfalt hütete. Seinen Sohn hatte er wollen Pfarrer werden lassen; da aber dieser sich ausschließlich für Naturwissenschaft interessierte, so durfte er Arzt werden. Nach Beendigung der Vorstudien in seiner Vaterstadt wurde er 1661 Student in Leiden. Hier bewies er schon eine solche Geschicklichkeit in der anatomischen Technik, daß er sofort in den Ruf eines vorzüglichen Kenners der Sektions- und Injektionskunst kam. Mit dem gleichaltrigen Steno, der sich damals gerade in Leiden aufhielt, schloß er eine Freundschaft auf Lebenszeit. Die beiden arbeiteten zusammen und reisten gemeinsam nach Paris, um sich weiter auszubilden. Dort fand Swammerdam einen neuen Freund in dem königlichen Bibliothekar Thevenot, der ihm bis zuletzt mit Rat und Tat treu beistand. In sein Vaterland zurückgekehrt, verteidigte Swammerdam im Jahre 1667 in Leiden eine Disser-

tation über die Atmung und ließ sich darauf in Amsterdam bei seinem Vater nieder. Schon früher hatte er sich besonders für das Studium der Anatomie der niederen Tiere interessiert, und dieses Interesse nahm nun seine ganze Arbeitskraft in Anspruch. In der kurzen Zeit, die er noch zu leben hatte, entwickelte er auf diesem Gebiete eine Tätigkeit, in der er nicht nur alle seine Vorgänger weit übertraf, sondern auch ein Jahrhundert lang selbst von niemand übertroffen wurde. Während dieser Zeit gestaltete sich sein persönliches Leben sehr unglücklich. Er erkrankte an einem Malariafieber, das ihn mit wenigen Zwischenpausen bis an sein Lebensende verfolgte und zugleich mit der aufreibenden Arbeit seine Gesundheit untergrub. Außerdem war er eine leidenschaftliche Natur und seine Schriften sind voll von bitterer Polemik, die ihm namentlich in seinen Kämpfen um wissenschaftliche Prioritätsfragen viel Anfeindungen zuzog. Andererseits hatte er aber auch treue Freunde, die ihm zur Seite standen. Die schwersten Konflikte jedoch hatte er in der eigenen Familie. Sein Vater muß ein sparsamer und mürrischer Mann gewesen sein, der meinte, es wäre genug, daß er seinen Sohn 30 Jahre lang unterhalten hätte, dieser könnte sich endlich eine ärztliche Praxis anlegen oder auf andere Weise Geld verdienen. Damit er sich auf einen Beruf vorbereite und seine Gesundheit stärke, wurde der Sohn auf das Land geschickt, vertiefte sich aber hier Tag und Nacht in seine Untersuchungen, so daß das Übel nur noch schlimmer wurde. Nach mehrfachen Auseinandersetzungen entzog ihm der Vater jede Geldunterstützung. Swammerdam geriet in bittere Not und suchte vergebens seine Sammlungen zu verkaufen, um sich das tägliche Brot beschaffen zu können. Mit seinen seelischen Kräften ging es nun auch bergab und er gab etwa im Jahre 1673 alle wissenschaftliche Tätigkeit auf, um ganz in religiöse Grübeleien zu versinken. Dieser Stimmung suchte sich sein alter Freund Steno zu bedienen und bot ihm für den Preis derselben Religionsänderung, die er an sich selbst vollzogen, eine glänzende Stelle in Florenz an. Swammerdam ging jedoch hierauf nicht ein, suchte aber Heilung in seinen Seelennöten bei der zu jener Zeit sehr bekannten Antoinette Bourignon, einer reich begabten, aber hysterischen Frau, die auf Grund ihrer persönlichen Offenbarungen die Christenheit nach einer asketischen und mystischen Richtung hin reformieren wollte und, verfolgt von sowohl katholischen als auch protestantischen Geistlichen, von Land zu Land irrte, umgeben von einer kleinen Schar Gläubiger. Diesen schloß sich Swammerdam an, fand aber die Ruhe nicht, die er suchte und kehrte nach ein paar Jahren unsteten Lebens in tiefstem seelischen und körperlichen Elend in die Heimat zurück. Hier gelangte er durch den gleichzeitig eingetroffenen Tod des Vaters endlich in eine ökonomisch unabhängige Lage, geriet aber wiederum mit seiner Schwester in einen Erbstreit, der ihn noch mehr verbitterte. Im Jahre 1680 erlöste

der Tod den nur 43 Jahre alten Forscher von seinen Leiden. 200 Jahre später wurde auf seinem Grabe ein schönes Denkmal errichtet und es wurde ein Fond gestiftet zu seinem Andenken und für Belohnung von Arbeiten der gleichen Art wie die seinigen.

Swammerdams wissenschaftliche Arbeitsperiode dauerte also nur sechs Jahre, und in dieser Zeit gab er einige wenige Werke heraus, die von großem Wert sind. Außer der oben genannten Dissertation und einer anderen Arbeit über die weiblichen Geschlechtsorgane war es in erster Linie eine Arbeit über die Anatomie der Insekten, in der er seine älteren Forschungen auf diesem Gebiete veröffentlichte. Seine noch unveröffentlichten Manuskripte vermachte er Thevenot, nach dessen Tode sie durch viele Hände gingen, bis sie schließlich vom berühmten Boerhaave in Leiden angekauft wurden, der sie zusammen mit den schon gedruckten Insektenuntersuchungen unter dem Titel „Bijbel der Natuure“ im Jahre 1537 herausgab. Obgleich demnach mehr als ein halbes Jahrhundert nach seiner Abfassung veröffentlicht, war das Werk keineswegs veraltet, sondern es dauerte im Gegenteil lange, ehe die anatomischen Detailstudien übertroffen wurden — ein Beweis für Swammerdams unvergleichliche Fähigkeit, die wirbellosen Tiere anatomisch zu bearbeiten. Der Titel des Werkes stammt wahrscheinlich von Boerhaave, entspricht aber vollkommen der Stimmung, in der sich der Verfasser gegen Ende seines Lebens befand. Dennoch haben die religiösen Betrachtungen keinen störenden Umfang, denn die Darstellung ist rein wissenschaftlich mit Ausnahme einiger weniger Bemerkungen religiös-moralischer Art, wie besonders eine Betrachtung über das kurze Leben der Eintagsfliege. Die sicherlich sehr wertvollen Sammlungen, mit deren Hilfe Swammerdam seine Untersuchungen ausführte, wurden nach seinem Tode versteigert und zerstreut.

Was den Leser am meisten in Swammerdams Werk in Staunen versetzt, ist die Sicherheit, mit der er auch die verwickeltsten Einzelheiten im Bau der von ihm untersuchten kleinen Tiere überschaut. Diese hat er sich nicht anders erwerben können als mit Hilfe einer hervorragenden Präparationstechnik. In- und ausländische Besucher konnten sich in der Tat nicht genug wundern über seine feinen Instrumente und die Geschicklichkeit, mit der er sich ihrer bediente; Glasröhren in haarfeine Spitzen ausgezogen, mit denen er die Organe ausbreitete und Kanäle injizierte, Skalpelle, die so fein waren, daß sie unter dem Vergrößerungsglase geschliffen werden mußten und dergleichen mehr. Eine außerordentliche manuelle Geschicklichkeit und unvergleichliche Beobachtungsgabe ermöglichte ihm die Ausnutzung der von ihm selbst erdachten Methoden, und hierzu kam noch seine Begeisterung für die Forschung, für die er im wahren Sinne des Wortes sein Leben hingab.

Swammerdams großes Werk enthält teils eine Sammlung anatomischer Monographien über Insekten und andere wirbellose Tiere, unter denen besonders seine Darstellung der Anatomie der Biene, die noch Cuvier für unübertroffen ansah, berühmt war. Andere Aufsätze haben die Kopflaus, die Eintagsfliege, den Nashornkäfer, die Weinbergschnecke und mehrere andere zum Gegenstande. Alle diese Monographien sind die Bausteine zu einer Theorie der Entwicklung der Insekten und somit auch aller lebenden Wesen. Ausgehend von seinen Untersuchungen einer Menge verschiedener Insektenlarven und ihrer Entwicklung zur Puppe und Imago und unter scharfer Polemik gegen Harvey spricht Swammerdam seine Ansicht dahin aus, daß die Insekten keiner Verwandlung unterworfen sind, sondern daß nur Teile, die vorher vorhanden waren, wachsen. Immer und immer wieder betont er diesen Satz, daß keine Neubildung, sondern nur Wachstum der Teile stattfindet und daß daher der Zufall in der Entwicklung des Insekts keine Rolle spielen kann, da alles vorherbestimmt ist, was geschieht. Dieses Entwicklungsprinzip wird alsdann auf die Entwicklung des Frosches aus dem Ei durch die verschiedenen Larvenstadien und schließlich ganz summarisch auch auf die Entwicklung des Menschen, die ebenso von einer vorausbestimmten Notwendigkeit abhänge, angewendet. Und zum Schluß wird die Entwicklung der Pflanzenknospe zum Blatt und zur Blüte im einzelnen mit der Metamorphose der Insekten verglichen. Der besseren Übersicht wegen werden die Insekten je nach der Art ihrer Metamorphose in vier Gruppen eingeteilt: 1. die, welche mit allen Füßen fertig aus dem Ei kommen, wie die Spinnen und Läuse; 2. das Tier hat beim Ausschlüpfen aus dem Ei bereits alle Füße, aber die Flügel wachsen ihm erst später, z. B. die Eintagsfliegen; 3. aus dem Ei schlüpft eine fußlose oder mit Füßen versehene Made, die sich nach Häutung verpuppt, z. B. Ameisen, Bienen; 4. die Made wie bei der vorigen Gruppe, verpuppt sich aber ohne Häutung, z. B. gewisse Fliegen. Durch diese Einteilung hat Swammerdam den Grund zur modernen Insektensystematik gelegt, die ja bekanntlich immer noch im wesentlichen auf der Entwicklungsgeschichte der Insekten beruht. Man kann sich nicht darüber wundern, daß er außer den Spinnen auch Schnecken und Würmer zu seiner ersten Entwicklungsgruppe rechnet, da man zu jener Zeit ganz allgemein alle wirbellosen Tiere zu einer Kategorie zählte und Swammerdam nicht von morphologischen, sondern von entwicklungsgeschichtlichen Gesichtspunkten ausging. Sein Verdienst und ebenso das von Leeuwenhoek besteht ja hauptsächlich darin, daß er das Interesse auf diese Organismen richtete, die bis dahin nicht nur für niedere Geschöpfe, sondern auch für gar nicht vergleichbar mit höheren Tieren gehalten wurden. — Nach Harvey entstanden sie ja durch Urzeugung, was allein schon bewies, daß man von ihnen nicht auf die höheren Tiere schließen

konnte. Swammerdam dagegen wies nach, daß gerade die Lebensverhältnisse der niederen Tiere, im rechten Lichte gesehen, gute Aufschlüsse über das Leben im allgemeinen geben können. Besonders betonte er das hinsichtlich der embryonalen Entwicklung. Seine Theorie vom Wachstum vorhandener Teile im Gegensatz zur Neubildung, die er nicht anerkennt, entwickelte sich in der nächsten Folgezeit zu der Präformations- oder Evolutionstheorie, die großen Einfluß gewann und Harveys Theorie der Epigenese verdrängte. Ihre Auswertung führte allerdings wieder zu reinen Absurditäten, namentlich durch gewisse Forscher, die wir später erwähnen werden, doch war sie offenbar zeitgemäß und bezeichnete einen Fortschritt in der biologischen Wissenschaft. Durch sie nämlich wurde zum erstenmal die Gesetzmäßigkeit der ontologischen Entwicklung im Prinzip festgelegt und dadurch den alten Vorstellungen von der Urzeugung niederer Tiere der Boden entzogen. Nach ihr mußten die Nachkommen auch naturgemäß den Eltern gleichen, während nach der früheren Auffassung Beliebiges entstehen konnte, so daß märchenhafte Volkssagen über Frauen, die unter dem Einfluß irgendeines Zauberers Kätzchen oder Hündchen gebaren, wenigstens von gewissen Forschern ernstlich diskutiert wurden. Und Swammerdams Lehre trug eben der Forderung seiner Zeit nach mechanischer Naturerklärung im Hinblick auf die Entwicklungslehre Rechnung. Freilich trat ein Jahrhundert später die Theorie der Epigenese wieder in einer Form auf, die ihre Annahme berechtigt erscheinen ließ, worüber wir seinerzeit berichten werden.

Neben Swammerdam verdient sein Zeitgenosse und Freund Frederik Ruysch genannt zu werden. Er wurde im Haag 1638 in einer angesehenen Familie geboren; sein Vater war Sekretär der Generalstaaten. Durch eine frühe und vorteilhafte Heirat kam er in die Lage, sich nach Wunsch Forschungen im Gebiete der Medizin widmen zu können. Nach Erlangung des Doktorgrades in Leiden wurde er in Amsterdam Professor und bekleidete diese Stellung 63 Jahre. Daneben hatte er eine große ärztliche Praxis. Er starb 1731 im Alter von 93 Jahren. Durch sein langes und tatenreiches Leben erinnert er an Leeuwenhoek und gleich diesem war er bis zuletzt tätig, indem er, was sein größtes Verdienst ist, die technischen, von ihm allerdings nicht erfundenen Hilfsmittel verbesserte. Von seinem Freunde Swammerdam soll er die Kunst, Injektionen mit gefärbter Wachsmasse zu machen, gelernt haben und brachte es darin zu einer solchen Virtuosität wie wenige nach ihm. Er verstand es, die feinsten Kapillargefäße zu füllen, ohne sie zu sprengen oder zu deformieren, und konservierte derartige Präparate in wunderbar naturgetreuer Weise. Ebenso eifersüchtig, wie Leeuwenhoek seine Mikroskope, bewahrte Ruysch seine Methoden, was an sich viel weniger verzeihlich war, weil die Mikroskope ihren Verfertiger überlebten, während er die Geheimnisse

seiner Injektionsmethode mit ins Grab nahm. Aber auch mit Bezug auf den Wert seiner Entdeckungen für die Wissenschaft kann sich der gelehrte Professor nicht mit dem ungelehrten Beamten messen, wenn er auch mittels seiner Methodik die Wissenschaft mit einer Menge neuer Tatsachen besonders auf dem Gebiete der menschlichen Anatomie bereichert hat. Er entdeckte die Bronchialarterien und die Arachnoidea des Gehirns, untersuchte die Iris und die Retina des Auges und erweiterte die Kenntnis über sie. Ferner verglich er das Skelett des Mannes mit dem der Frau und untersuchte die Altersveränderung im Knochenbau. Er legte eine großartige Sammlung anatomischer Präparate an, über die er eine reich illustrierte Beschreibung herausgab. Die Anordnung der Gegenstände in Gruppen, wie menschliche Organe, Schnecken, Mineralien und verschiedenes andere zusammen, würde uns heute nicht nur unwissenschaftlich, sondern geradezu geschmacklos vorkommen[1]). Die Zeitgenossen waren aber entzückt, Fremde besuchten sein Museum und Dichter besangen es. Der Zar Peter von Rußland, welcher bekanntlich eine fast kindische Bewunderung für alle Erzeugnisse technischer Geschicklichkeit hegte, kaufte schließlich für 30000 Gulden die ganze Sammlung, die weder er noch jemand von seinen Untertanen gebrauchen konnte. Eine von Ruysch später angelegte Sammlung kaufte der Gegner des Zaren, der polnische König Stanislaw Leczinski. Von diesen Sammlungen ist nichts mehr erhalten, und wir können uns nur aus Ruyschs Büchern eine Vorstellung über seine Leistungen bilden, die in außerordentlicher technischer Geschicklichkeit, allerdings mit einer Portion Renommisterei, bestehen, aber wenig Ideen aufweisen.

Bedeutend ernstere Forschereigenschaften finden wir bei einem anderen holländischen Arzte, der zur selben Zeit lebte, Reinier de Graaf. Geboren 1641 als Sohn katholischer Eltern, studierte er in Leiden und in Angers in Frankreich, wo er auch seinen Doktorgrad erhielt. Schon in jungen Jahren hoch angesehen, konnte er wegen seiner Religion in dem streng protestantischen Leiden keine Professur erhalten und ließ sich deshalb als Arzt in Delft nieder. Seine ungewöhnlich vielversprechende Laufbahn endete schon im Jahre 1673, da eine schwere Krankheit ihn aus glücklichen häuslichen Verhältnissen und aus einer intensiven Forschertätigkeit entführte. Dennoch hat er bedeutende Beiträge sowohl auf anatomischem, als auch auf physiologischem Gebiete geliefert. Seine Doktorschrift behandelt die Sekretion des Pankreas. Er zeigt, wie man durch Einführung einer Kanüle in den Ausführungsgang jener Drüse bei einem lebenden Hunde das Sekret derselben zur näheren Untersuchung gewinnen kann — eine Methode, die seitdem in der Physiologie allgemein angewendet wird.

1) So z. B. fand sich unter den Gruppen das Skelett eines Kindes, das ein Stück injizierten Bauchfells wie ein Taschentuch vor die Augen hält.

Das Werk, das in erster Linie de Graafs Ruhm begründet hat, ist jedoch seine Untersuchung der Geschlechtsorgane, sowohl der männlichen als auch der weiblichen, besonders der letzteren. Die Ovarien waren ja schon früher beschrieben worden, sowohl bei höheren als auch bei niederen Wirbeltieren. Daß sie bei den Vögeln die Eier hervorbrachten, wußte man, aber ihre Funktion bei dem Menschen und den Säugetieren war noch unbekannt und es gab über diesen Gegenstand einige einander widersprechende Theorien. Die Aristoteliker hielten sich natürlich an die Lehre ihres Meisters, d. h. sahen im Menstrualblut das weibliche Geschlechtsprodukt und im männlichen Samen den Ursprung des Keimes, der vom Weibe genährt und geboren wird. De Graaf kam durch vergleichende Untersuchung von Vogel- und Säugetierovarien zum Ergebnis, daß die schon von Vesalius und Falloppio beobachteten bläschenartigen Anschwellungen im Säugetierovarium den Eiern im Vogelovarium entsprechen und daß bei beiden Tiertypen die Befruchtung in gleicher Weise stattfindet. Ebenso wie das befruchtete Vogelei in den Ausführungsgängen der Ovarien mit Eiweiß und Schale versehen wird, so wird das Säugetierei durch die Tuba Fallopii befruchtet und findet dann seinen Weg in den Uterus, wo es sich weiter entwickelt. Das Wort Ovarium hat auch er vorgeschlagen, denn früher hießen männliche und weibliche Geschlechtsdrüsen Testes und er selbst wendet noch beide Bezeichnungen abwechselnd an. Die Ansicht der Aristoteliker, daß der Keim nur vom Manne allein herstamme, weist er mit großer Bestimmtheit zurück und führt als Gegenbeweis viele Fälle an, in denen nachweislich rein äußerliche Eigenschaften, sowohl bei Menschen als auch bei Tieren, von der Mutter auf den Keim übergingen. Auch Fälle von extrauteriner Schwangerschaft werden von ihm als Beweis angeführt, daß der Keim aus dem Ovarium und nicht von außen stammt. Hinsichtlich noch vieler anderer Einzelheiten im Bau der Geschlechtsorgane ist er in der Lage, neue und wertvolle Beobachtungen mitzuteilen.

Diese Untersuchungen von de Graaf wurden grundlegend. Wenn er sich auch in der Annahme geirrt hat, als wären die Follikel im Ovarium, welche jetzt seinen Namen tragen, den Eiern im Vogelovarium entsprechende Gebilde — die wirklichen Eier der Säugetiere wurden erst anderthalb Jahrhunderte nach seinem Tode entdeckt —, so war dennoch seine Erklärung des Befruchtungsvorganges selbst bestimmend für die Richtung, die in Zukunft die Erforschung dieses Phänomens einschlug. Die von ihm geltend gemachte Bedeutung des Eies bezüglich der Keimbildung konnten weder seine Zeitgenossen noch die nächste Generation mit der Rolle in Einklang bringen, die den Spermatozoen zugedacht war. Es entwickelte sich daher im 18. Jahrhundert der Streit zwischen den Ovisten und Animalkulisten, wie die Anhänger der Lehre von der

Bedeutung des Eies bzw. der Spermatozoen bei der Befruchtung genannt wurden, der jahrzehntelang die Gelehrten beschäftigte. Dieser Streit, ebenso wie die Polemik zwischen den Anhängern der Epigenese und der Präformation, soll im folgenden näher beleuchtet werden.

Hiermit schließt die Schilderung der glänzenden Epoche in der Geschichte der Biologie, die in das 17. Jahrhundert fällt. Daß am Schluß des Jahrhunderts und Jahrzehnte später noch ein Stillstand gerade in den Gebieten eintreten mußte, wo die Fortschritte am größten gewesen waren, ist durchaus natürlich, denn auf den beschleunigten Fortschritt mußte eine Zeit des sich Sammelns und Besinnens folgen, in der die gewonnenen Resultate aus theoretischen Gesichtspunkten erwogen und systematisch geordnet wurden. Es ist daher auch von Interesse zu sehen, wie die nächste Zukunft die theoretischen Fragen zu lösen suchte, die im Zusammenhang mit den großen Fortschritten der praktischen Anatomie und experimentalen Biologie geweckt waren. Das folgende Kapitel bringt uns einige Proben solcher Theorien.

Kapitel XIX.

Biologische Spekulationen und Streitfragen an Anfang des 18. Jahrhunderts.

Wie im vorigen Kapitel hervorgehoben wurde, brach im 17. Jahrhundert infolge einer Reihe glänzender wissenschaftlicher Entdeckungen die Macht der Autoritäten des Altertums zusammen. An ihre Stelle trat das Bestreben der Gelehrten, ihre Forschungen auf der Kenntnis von der in der Natur herrschenden mechanischen Gesetzmäßigkeit fußen zu lassen. Dabei wurde immer mehr das Bedürfnis nach einer festen und einheitlichen Naturauffassung empfunden, wie sie unleugbar der Aristotelismus gehabt hatte und die man in den neuen Gedankensystemen vermißte, welche an seine Stelle getreten waren. In der Tat waren diese, gleichviel, ob sie von Descartes, Spinoza oder Leibniz herrührten, genau ebenso dogmatisch wie der Aristotelismus. Sie waren reine Gedankenkonstruktionen, die, obwohl sie ihren Grund in der neuen Naturwissenschaft hatten, doch keineswegs die von dieser aufgestellten Fragen befriedigend lösen konnten. Besonders in der Biologie hatten wohl ein Borelli, ein Perrault mit Hilfe der neuentdeckten mechanischen Gesetze einige reine Bewegungsprobleme lösen können, aber so oft verwickelte Prozesse innerhalb des Organismus, wie die Verdauung, der Blutkreislauf oder die Sinneseindrücke in Angriff genommen wurden, versagte die Mechanik, und die übrigen Zweige der Physik hatten noch ebenso wenig wie die Chemie den Grad der Ausbildung erreicht, daß sie zur Erklärung

solcher Erscheinungen herangezogen werden konnten. Mancher Forscher begnügte sich unter solchen Umständen damit, die neuen Tatsachen zu studieren, welche dank der verbesserten Untersuchungstechnik ans Licht kamen. Es waren aber auch andere da, die ihr Leben dem Suchen nach einem Grunde widmeten, auf den man eine einheitliche Erklärung der Lebenserscheinungen bauen konnte. Wir in unserer Zeit haben es schwer, die Schwierigkeiten richtig abzuschätzen, mit denen diese Denker unter den Biologen zu kämpfen hatten bei ihrem Bestreben, die einzelnen Forschungsergebnisse unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zu bringen. Die Einheitlichkeit der Naturauffassung unserer Tage hat ihren Grund im wesentlichen im Gesetz von der Unvergänglichkeit der Energie, zu der in der Biologie die Lehre von der Zelle als Lebenseinheit hinzukommt. Die theoretische Naturwissenschaft des 17. Jahrhunderts war statt dessen auf die Annahme einer unbekannten Kraft als Ursache und Erhalterin des Lebens angewiesen. Diese Kraft konnte entweder rein mechanisch, oder mehr ideell aufgefaßt werden. In ersterem Falle kam man nicht weit, weil die Mechanik nicht mehr als einen geringen Bruchteil der Fragen beantworten konnte, die die neuen Entdeckungen an den Tag brachten, im zweiten lief man Gefahr, in der einen oder anderen Form dem Mystizismus zu verfallen. Die naturwissenschaftlichen Spekulationen am Anfang des 18. Jahrhunderts, mit denen wir uns nun zu beschäftigen haben, stammen merkwürdigerweise weniger von fachgelehrten Anatomen und Biologen her als von praktischen Ärzten, die ihre Behandlung von Krankheiten auf eine allgemeine Theorie von den Funktionen des Körpers stützen wollten. Von diesen medizinischen Denkern haben einige einen tiefgehenden Einfluß auch auf die Entwicklung der allgemeinen Biologie gehabt und verdienen daher, in diesem Zusammenhang genannt zu werden.

Thomas Sydenham lebte freilich ganz und gar im 17. Jahrhundert, er war 1624 geboren und starb 1689, aber sein Einfluß machte sich eigentlich erst nach seinem Tode geltend und ist seitdem fortlaufend gestiegen. Er gehörte einer angesehenen Gutsbesitzerfamilie an und studierte eine zeitlang in Oxford. Als der Bürgerkrieg ausbrach, wurde er Offizier im Heere des Parlaments. Später setzte er seine medizinischen Studien fort, begnügte sich mit einem Examen niederen Grades und ließ sich in London nieder. Den Doktorgrad erhielt er erst im Alter von über 50 Jahren. Als Mensch stand Sydenham in hohem Ansehen — zu seinen Freunden gehörten Männer wie der Chemiker Boyle und der Philosoph Locke. Als Arzt waren die Meinungen über ihn geteilt. Seine kühnen Ideen brauchten Zeit, bis sie Aufnahme fanden, und nun wird er allgemein zu den Bahnbrechern in der Heilkunde gerechnet.

London war im 17. Jahrhundert eine sehr ungesunde Stadt, wo die eine Seuche die andere ablöste. Diese Epidemien waren es gerade,

die Sydenhams medizinische Theorien veranlaßten. Er studierte die Symptome der verschiedenen Krankheiten und suchte mit ihrer Hilfe die Krankheiten selbst in derselben Weise zu charakterisieren wie der Botaniker die Pflanzenarten. „Wenig gewissenhaft wäre der Botaniker, welcher sich mit der allgemeinen Beschreibung einer Distel begnügte und die besonderen und eigenartigen Kennzeichen bei jeder Art übersähe.“ Dieses genaue Naturstudium schätzt er höher als alle Theorien. Man müsse alle auf eine Krankheit einwirkenden Umstände berücksichtigen, auch die Zeit der größten Verbreitung im Jahr und andere Verhältnisse, die auf eine Seuche als ganzes wirken können. Dagegen seien individuelle Abweichungen bei einzelnen Fällen von geringem Interesse. Mit Hippokrates hält er dafür, daß die Natur des Patienten selbst es ist, die die Krankheit heilt. Daher lohne es sich nicht so sehr, darüber zu grübeln, in welche Unordnung gegebenenfalls die Körperflüssigkeiten geraten, als eine Behandlungsweise zu finden, welche das Wirken der Natur zu unterstützen geeignet ist. Was er eigentlich unter „Natur“ versteht, bleibt unklar. Man weiß nicht, ob er damit eine Zusammenfassung aller Lebensäußerungen des Individuums oder eine besondere Lebenskraft meint. Ebenso findet man kaum eine Erklärung seiner von Hippokrates entliehenen Ideen über die Körperflüssigkeiten mit ihrem Gleichgewicht und ihren Unordnungen. Seine allgemeine Naturauffassung ist im großen und ganzen empirisch, und darin erkennt man den Einfluß von Bacon, den er mit Bewunderung zitiert. In einzelnen Fällen kann er allerdings die gewagtesten Hypothesen aufstellen, aber im ganzen bleibt er seinem Prinzip, als einzige Quelle des Wissens hinsichtlich der Krankheiten die Beobachtung gelten zu lassen, treu[1]). Dieser Grundsatz ist erst voll und ganz von einer späteren Nachwelt anerkannt worden, aber auch auf die Denker der nächstfolgenden Zeit übte er einen großen Einfluß aus, obschon sie sich nicht innerhalb der Grenzen halten konnten, die er der Forschung gezogen, sondern sich wieder in das Gebiet der Hypothesen begaben.

Unter diesen medizinischen Forschern, welche für die Entwicklung der Biologie bedeutungsvolle allgemeine Theorien schufen, sehen wir zu Beginn des 18. Jahrhunderts besonders zwei Männer, die, obwohl sie im selben Jahre geboren und in derselben Stadt ansässig waren, in allen wesentlichen Punkten Gegensätze vertraten, nämlich Hoffmann und Stahl.

Friedrich Hoffmann wurde in Halle im Jahre 1660 als Sohn eines wohlhabenden Arztes geboren. 15 Jahre alt, hatte er das Unglück, beide Eltern an einer Seuche zu verlieren und dazu noch sein Vermögen

1) Im persönlichen Umgang soll seine Verachtung für Theorien gelegentlich recht originell zum Ausdruck gekommen sein. So erhielt ein Kollege, der ihn um Angabe medizinischer Literatur bat, den Rat Don Quixote zu lesen.

durch eine Feuersbrunst, so daß er früh auf sich selbst angewiesen war. Er hatte aber doch die Möglichkeit, in Jena Medizin zu studieren, wo ein angesehener Vertreter der chemischen und medizinischen Forschung jener Zeit, G. W. Wedel, sein Lehrer war. Nachdem er noch ein Jahr in Erfurt studiert hatte, disputierte er in Jena und hielt sich darauf einige Zeit in England auf, wo er die Bekanntschaft von Boyle machte. Heimgekehrt, widmete er sich der ärztlichen Praxis und wurde im Jahre 1693 an die in seiner Vaterstadt Halle neu errichtete Universität berufen. Hier wirkte er bis an sein Lebensende als Professor mit Ausnahme weniger Jahre, die er am Hofe zu Berlin verbrachte. Seine Tätigkeit als Lehrer und Arzt war von großartigem Erfolge gekrönt. Seine Vorlesungen wurden gern auch von älteren Ärzten besucht, die bei ihm ihr Wissen ergänzen wollten, und als praktischer Arzt wurde er von Hoch und Gering aufgesucht, mit Konsultationen, glänzenden Honoraren und Ehren überhäuft. Gerecht und gütig auch gegen Andersdenkende, liebenswürdig und hilfsbereit, wie er war, wurde er persönlich allgemein verehrt. Er starb im Jahre 1742, nachdem er bis zuletzt tätig gewesen war.

Hoffmanns Verdienste liegen zweifellos in erster Linie auf dem Gebiete der Medizin. Er beschrieb etliche bis dahin noch unerforschte Krankheiten und trat in Theorie und Praxis für genaue, auf wissenschaftlichen Prinzipien basierende Diagnosen, schonende Behandlung der Kranken, hygienische Lebensweise und einfache Heilmittel ein. Verschiedene Mittel bereitete er selbst und verkaufte sie mit großem Gewinn, unter ihnen die bekannten „Hoffmannstropfen", die heute noch eine beliebte Volksmedizin sind. Er war als Verfasser medizinischer Schriften auf allen möglichen Spezialgebieten außerordentlich produktiv, versuchte aber daneben die Grundsätze, die das Ergebnis seines Wirkens waren, zu einer allgemeinen Theorie über die Funktionen des Körpers zusammenzufassen. Diese Theorie ist es, die auch für die Entwicklung der allgemeinen Biologie von Bedeutung gewesen ist. Ihr Ausgangspunkt sind die im 17. Jahrhundert verbreiteten, sogenannten chemiatrischen Theorien, welche letzten Endes zurückführen auf die phantastischen Spekulationen des Paracelsus über die Zusammensetzung des menschlichen Körpers aus Quecksilber, Schwefel und Salz und dieser ihrer Herleitung entsprechend die Funktionen des Körpers entweder für im wesentlichen chemische Stoffwechselerscheinungen erklärten, wobei sie die im vorhergehenden geschilderten mechanischen Theorien über die Körperbewegungen zu Hilfe nahmen, oder auch den damals noch in der Chemie recht großen Vorrat an mystischen Spekulationen benutzten, um die Lücken in ihrem System auszufüllen. Hoffmann stellte sich von vornherein auf den Boden chemisch-mechanischer Erwägungen. Er war selbst ein geschickter Chemiker, beherrschte zudem die damalige ana-

tomische Literatur vollkommen, wobei namentlich der Einfluß von Borelli und Perrault zu bemerken ist, und hatte auch die Entdeckungen von Newton und Leibniz nicht spurlos an sich vorübergehen lassen. Er geht vom Grundsatz aus, daß Materie und Bewegung die Grundlagen des Daseins sind, der Körper ist eine Maschine, die durch den Blutkreislauf im Gang erhalten wird. Das Leben ist demnach ein rein mechanischer Prozeß, von dessen Funktionen die Seele jedoch zu trennen ist. Wenn der Körper stirbt, ist es nicht die Seele, die den Körper verläßt, sondern der Körper läßt die Seele im Stich, so daß diese die Körperorgane nicht mehr als ihre Werkzeuge benutzen kann. Das Blut wird vom Herzen in Bewegung versetzt, und diese Arbeit wird durch Bewegungen im Nervensystem geregelt, in dessen Fasern ein aus äußerst leichten Ätherpartikeln gebildetes Fluidum, der „Spiritus animalis“, zirkuliert, welches im Gehirn entsteht und die Muskelfunktionen, die Sinneseindrücke und die Ernährungsvorgänge regelt. Die Fähigkeit des Blutes, das Leben zu erhalten, beruht darauf, daß es einen Spiritus enthält, der sich aus den Ätherbestandteilen der Luft zusammen mit dem Schwefelgehalt des Blutes bildet. In chemischer Hinsicht sind nämlich die Bestandteile des Blutes teils schwefel-, teils luft- und teils erdartig. Der Schwefelgehalt ist die Ursache der Körperwärme, sowohl der natürlichen als auch der durch Entzündung gesteigerten, die dadurch entsteht, daß die Schwefelpartikeln leicht durch den Einfluß des Äthers in starke Bewegung versetzt werden können. Die Funktion der Lungen besteht darin, daß in ihnen die Bestandteile des Blutes miteinander vermischt werden, wobei die eingeatmete Luft dem Blute neue Ätherbestandteile zuführt, die seine Fähigkeit, den Körpermechanismus im Gange zu erhalten, vermehrt. Ein Eingehen auf die weitläufigen Erklärungen über die Erzeugung und Verteilung des Nervenfluidums dürfte hier zu weit führen, es soll nur noch angeführt werden, daß von dem feinsten und für das Leben wichtigsten Teile des Fluidums angegeben wird, er stamme aus der Großhirnrinde. Mit dem Nervenfluidum ist der männliche Samen nahe verwandt und eben daher geeignet, das Ei zu beleben, so daß seine Entwicklung beginnen kann.

Nachdem Hoffmann in dieser Weise den Körpermechanismus geschildert hat, betont er, daß der Mensch natürlich eine unsterbliche Seele hat, deren Wille die Bewegungen des Körpers lenkt und mittels welcher wir verstehen, denken und handeln. Gleich so vielen anderen älteren Verfassern und mit Berufung auf die Bibel teilt er den Menschen ein in drei „Principia“, nämlich das Corpus, den Spiritus und die Anima, oder den Körper, das oben geschilderte Nervenfluidum und das Sinnesbewußtsein. Darüber hinaus aber besitzt der Mensch noch eine höhere „Substanz“, die die alten Philosophen Mens nennen und die Schrift das

Abbild des Geistes Gottes. Diese verwendet die Eindrücke des Sinnesbewußtseins von den Dingen, indem sie sie zu Ideen ordnet. Unrichtige Sinneseindrücke können von einer klaren Vernunft leicht berichtigt werden, aber eine Anhäufung von verwirrten Sinneseindrücken führt zum Irrsinn. Es können auch seelische Erschütterungen den Blutkreislauf stören und krankhafte Zustände im Körper hervorrufen. Hoffmann ist aber der festen Überzeugung, daß die Bewegungen und Funktionen des Körpers ihre Ursache nicht in der Seele haben, denn obschon des Menschen Seele einen gewissen begrenzten Einfluß auf die Teile des Körpers hat, so ist die Medizin in Theorie und Praxis doch reine Mechanik und stützt sich auf rein mechanische Prinzipien, nämlich Bewegung und Materie. Die folgewidrigen und willkürlichen Gedankenkonstruktionen in diesem Versuche fallen einem modernen Leser leicht auf, sollten aber der Achtung vor diesem auf ein für jene Zeit sehr reiches Material an Erfahrungen sich stützenden Versuch, den natürlichen Zusammenhang in den Lebensvorgängen zu finden, nicht schmälern. Die Annahme einer unsterblichen Seele erklärt sich durch Hoffmanns warmen Christenglauben von ausgeprägt pietistischer Richtung, denn Halle war ja der Ausgangs- und Mittelpunkt des Pietismus, und Hoffmann war ein guter Freund von dessen Führern, Spener und Franke. Seine kindliche Frömmigkeit tritt auch mehrfach zutage, z. B. in der Widmung eines seiner Bücher „dem dreieinigen Gott, dem höchsten Arzte“. Hier haben wir also den Beweis, daß eine mechanische Lebensauffassung sich mit altkirchlichen Dogmen ehemals vertragen konnte, was man in unserer Zeit für unmöglich halten würde.

Eine von Hoffmanns ersten Taten nach seiner Ernennung zum Professor in Halle war, daß er die Berufung seines alten Studiengenossen von Jena her, Georg Ernst Stahl, zum zweiten Professor der Medizin bewirkte. Den praktisch-medizinischen Unterricht behielt sich Hoffmann vor, den theoretischen übernahm Stahl. Stahl war im Jahre 1660 in einer protestantischen Familie zu Ansbach in Bayern geboren und erhielt eine streng religiöse Erziehung, deren Folgen sich durch sein ganzes Leben nachweisen lassen. Er studierte in Jena, wo er Doktor wurde und eine zeitlang Vorlesungen hielt. Nachdem er einige Jahre Hofarzt in Weimar gewesen war, wurde er, wie gesagt, nach Halle berufen und unterrichtete dort ein paar Jahrzehnte. Im Anfang war sein Verhältnis zu Hoffmann durchaus freundschaftlich, aber allmählich wurde der Friede zwischen ihnen gestört, und da Hoffmanns persönliche Überlegenheit jede Konkurrenz ausschloß, verließ Stahl schließlich seine Professur und nahm im Jahre 1716 eine Anstellung als Arzt am Berliner Hofe an. Dort starb er im Jahre 1734. Die pietistische Frömmigkeit hatte er mit Hoffmann gemeinsam, aber im übrigen waren sie Gegensätze. Hoffmann hatte

ein stattliches Äußere, war liebenswürdig und beliebt, Stahl dagegen war dem Aussehen nach unbedeutend, im Wesen schroff und unzugänglich unduldsam gegen Andersdenkende und herb in seiner Polemik. Jedenfalls war er aber ein Mann, der ehrlich die Wahrheit suchte und der die bei Gelehrten sonst nicht allzu gewöhnliche Aufrichtigkeit besaß, die Fehler seiner früheren Ansichten offen einzugestehen. Auch besaß er die seltene Eigenschaft, dankbar die Arbeiten der Vorgänger in den von ihm behandelten Fragen hervorzuheben.

Als wissenschaftlicher Schriftsteller war Stahl, ebenso wie Hoffmann, außerordentlich produktiv und behandelte eine Menge verschiedener Fragen in der Medizin. Als Gelehrter war er unzweifelhaft seinem Rivalen überlegen, und sein Name ist in der Tat einer von den hervorragendsten in der Geschichte der Naturwissenschaften, und zwar hauptsächlich wegen seiner Leistungen in der Chemie. Gegen Ende des 17. Jahrhunderts wurde auf den deutschen Universitäten noch allgemein Alchimie gelehrt. Hier bestand noch der Glaube an Metallverwandlungen, an den Stein der Weisen und die ganze übrige mittelalterliche Mystik, die in Westeuropa dank den Arbeiten von Boyle und seinen Nachfolgern schon ein überwundener Standpunkt war. Auch Stahl begann als Alchimist und behandelte in seinen ersten Schriften die gewöhnlichen alchimistischen Probleme, aber er arbeitete sich auf eigene Hand aus diesen Irrtümern heraus und scheute sich nicht, seine Erstlingsarbeiten als warnendes Beispiel hinzustellen. Die einheitliche Auffassung der Veränderungen in der Natur, die die Alchimisten mit Hilfe mystischer Spekulationen zu gewinnen trachteten, suchte Stahl nun zu erreichen durch Vergleichung der Prozesse, die einerseits bei der Verbrennung, andererseits bei der Verkalkung der Metalle stattfinden. Schließlich fand er einen gemeinsamen Erklärungsgrund für diese Erscheinungen durch die Annahme eines flüchtigen Stoffes, des Phlogiston, sowohl in den brennbaren Stoffen als auch in den Metallen. Das Phlogiston entwich aus dem Brennmaterial bei der Verbrennung, wie bei der Verkalkung aus den Metallen. Der Metallkalk war also gleich dem Metall minus dem Phlogiston. Wurde der Metallkalk mit einer phlogistonhaltigen Substanz erhitzt, z. B. mit Kohle, so wurde das Metall durch Aufnahme von Phlogiston wiedergewonnen. — Diese Theorie ermöglichte die einheitliche Erklärung einer Menge von Umsetzungsprozessen in der anorganischen Natur. Sie wurde eine Arbeitshypothese, die im höchsten Grade befruchtend auf die chemische Wissenschaft späterer Zeiten wirkte und das 18. Jahrhundert zu einer Glanzperiode in der Geschichte der Chemie machte. Namen wie Priestley, Bergman, Scheele erinnern an die Fortschritte, die die Chemie unter der Herrschaft der Phlogistontheorie machte, und als schließlich Lavoisier durch Einführung der Wägungsmethode die Unhaltbarkeit dieser

Theorie bewies und an Stelle der Verkalkung den Oxydationsbegriff einführte, konnte die neue Theorie unmittelbar auf die zur Zeit der alten gemachten Entdeckungen angewandt werden. Schon wegen dieser Entwicklungsmöglichkeit, die Stahl der Chemie verlieh, verdient er einen Platz in der Geschichte der Biologie, die ja so wesentlich von der Chemie abhängig war und sein wird.

Was uns aber in erster Linie berechtigt, Stahl unter den Biologen aufzuführen, ist seine Theorie vom Leben, die er in seiner großen Arbeit „Theoria medica vera“ aufstellt, in der er eine allgemeine Lehre von dem menschlichen Körper und seinen Funktionen im gesunden Zustande und bei Krankheiten veröffentlicht. Er selbst behauptete und nach ihm andere, daß seine chemischen Theorien nicht auf seine Auffassung dieses Gebietes eingewirkt hätten. Insofern hat er recht, als er nicht wie seine Vorgänger unter den medizinischen Chemikern, Paracelsus, van Helmont und andere, seine Auffassung vom menschlichen Körper allein auf Spekulationen über die chemische Zusammensetzung desselben gründet, aber andererseits erkennt man zur Genüge in den wesentlichsten Teilen seines Werkes, daß die Chemie die Grundwissenschaft ist, von der er ausgeht. Vor allem ist er nicht Anatom und verschmäht die Resultate der gewöhnlichen makroskopischen Anatomie. Er findet kaum Worte für die Geringschätzung, die er den mikroskopischen Untersuchungen von Leeuwenhoek und de Graaf über die Geschlechtsprodukte zuteil werden läßt, gleichwie er auch die Entdeckung des Kapillarsystems, dessen Existenz er ganz einfach leugnet, verachtet. Dagegen hat er ein besonders lebhaftes Interesse für die „Mischung“ (mixtio) des Körpers und seiner Teile, d. h. für ihre chemische Zusammensetzung, und meint, daß eine richtige Auffassung ihrer Lebenserscheinungen von ihr auszugehen habe. Hier ist es auch, wo seine größten Verdienste um die Entwicklung der Biologie zu finden sind.

Das erste Kapitel in Stahls obengenannter Arbeit trägt den Titel „Untersuchungen über den Unterschied zwischen Mechanismus und Organismus“. Mit dieser Rubrik könnte man Stahls ganze allgemeinwissenschaftliche Verfassertätigkeit kennzeichnen. Der Gegensatz von Mechanismus und Organismus ist für ihn sowohl in der Biologie als auch in der Heilkunde die Hauptfrage, die er aus allen möglichen Gesichtspunkten erörtert und bezüglich welcher er seine Ansicht mit einer Menge von Argumenten, guten und schlechten, zu stützen sucht. Seine wichtigste Behauptung, die er immer und immer wiederholt und zu beweisen sucht, ist, daß der Organismus etwas vom Mechanismus Grundverschiedenes sei, daß also die mechanische Physiologie, der seine Zeitgenossen ein so allgemeines Interesse entgegenbrachten, ganz zu verwerfen wäre. Im lebenden Organismus sei die Seele das Wesentliche, der Körper sei

für die Seele da und werde von der Seele beherrscht. Als Beweis für diese Behauptung werden anfangs einige alte, aristotelische Argumente über die Zweckmäßigkeit des Baues des Körpers angeführt. Ferner wird hervorgehoben, daß das Dasein des Körpers auf einem Dinge beruhe, das an sich dem Wesen des Körpers fremd, dagegen aber mit dem Wesen der Seele zufolge seiner Unkörperlichkeit verwandt sei, nämlich die Bewegung. Die Tätigkeit der Seele bestehe ja darin, daß sie von einem Objekt zum anderen gehe und sie vergleiche, und die Erhaltung des Körpers durch die Sinnestätigkeit und Ortsveränderung geschehe nach dem Willen der Seele durch Bewegungen, die den von der Seele geforderten Zwecken entsprechen. Daß Stahl also die Bewegung für ein Ding ansieht und mit der Seele vergleicht im Gegensatz zum Körper, beweist, daß er wenigstens von Galilei und Newton nichts gelernt hat. Wenn man demnach in dieser und anderen ähnlichen Erwägungen die ganze Hohlheit der philosophischen Spekulationen Stahls vor sich sieht, zeigt sich bei anderen Gelegenheiten sein außerordentlich scharfer, durch chemische Arbeiten geschulter Blick für das Wesentliche in der Zusammensetzung des Organismus. Als wesentlich für alle Bestandteile des Körpers bezeichnet er ihre besonders leicht und schnell eintretende chemische Zersetzung. Diese Eigenschaft hat offenbar einen großen Eindruck auf ihn gemacht, denn er kommt unaufhörlich auf sie zurück und sucht nach einer Erklärung für sie. Daß es immer letzten Endes die Seele ist, die den Körper zusammenhält und ihn vor der Zersetzung bewahrt, ist bei der Grundanschauung, von der er ausgeht, selbstverständlich. Diese leichte Zersetzbarkeit des Körpers beruht nach seiner Ansicht auf der sehr komplizierten chemischen Zusammensetzung der Bestandteile, ein Umstand, der sie von gewöhnlichen chemischen Verbindungen unterscheidet. Die chemische Beschaffenheit ist bei verschiedenen Lebensformen verschieden und bei jedem Individuum besonders geartet. Die Bestandteile des Körpers besitzen außer ihrer chemischen Beschaffenheit schließlich noch eine besondere „Textur“ und „Struktur“. Erstere ist die Anordnung der kleinsten Teilchen im Körper, letztere die Zusammensetzung der auf diese Weise gebildeten Grundelemente und beide sind für jedes lebende Wesen charakteristisch. „Lebende Körper sind keine anderen als nur die, welche Struktur haben“, sagt Stahl. Es braucht wohl kaum noch besonders erwähnt zu werden, daß Stahl durch diese Untersuchung der chemischen Beschaffenheit des Organismus die Wissenschaft einen großen Schritt vorwärts gebracht hat. Sowohl die komplizierte Zusammensetzung und die damit zusammenhängende leichte Zersetzbarkeit der Bestandteile des lebenden Körpers sind ja Tatsachen von grundlegender Bedeutung für die Biologie unserer Tage, und noch bedeutungsvoller ist die Hervorhebung der Struktur als etwas für den lebenden Organismus Bedeutungs-

volles im Gegensatz zu den leblosen Naturobjekten. Hier hat Stahl ohne Zweifel eine Ahnung von der Bedeutung gehabt, welche die Gewebestruktur als Grundlage für das Leben in allen seinen Formen besitzt. Daß er diesen Gedanken nicht weiter verfolgen konnte bis zu einem für die Wissenschaft direkt nutzbringenden Resultat, beruhte gewiß auf seinem Mangel an Interesse für die Anatomie. Auch seinen Zeitgenossen fehlte der Blick für die Bedeutung dieser Frage, und erst 60 Jahre nach Stahls Tode stellte Bichat auf Grund vielseitiger anatomischer Studien die Rolle der Gewebe als Träger der Körperfunktionen fest. Er war aber auch, wie wir weiterhin sehen werden, aus einer Schule hervorgegangen, die in Frankreich Stahls Ideen übernommen und entwickelt hatte.

Was aus Stahls Theorien am meisten seine Zeitgenossen interessierte, den meisten Beifall und auch den meisten Widerspruch hervorrief, war seine Lehre von der Seele als der Ursache aller Lebenserscheinungen, als ihr letzter Grund und ihr letztes Ziel. Diese „animistische" Auffassung vom Bau und den Funktionen des Körpers, nach der jede Lebensäußerung, gleichviel ob es sich um Ernährung, Blutzirkulation, Sekretions- und Exkretionsvorgänge oder einfache Ortsveränderungen, Muskelarbeit und Sinneseindrücke handelt, nur der Seele wegen stattfindet, von ihr hervorgerufen, von ihr gelenkt wird und durch sie ihren normalen Verlauf erfährt, diese der mechanischen Auffassung der Zeitgenossen vom Leben so schnurstracks zuwiderlaufende Theorie war in der Tat für Stahl die Hauptsache, die Grundlage, auf der er sein medizinisches System aufbaute. Denn Stahl arbeitete an der Schaffung einer neuen Heilkunde und seine allgemein biologischen Spekulationen sollten bloß die Grundlage für sie abgeben. Die Krankheiten des Körpers wurden natürlich auch durch die Seele verursacht, denn versäumt diese ihre Kontrolle über den Körper oder einen seiner Teile, so tritt sogleich ein allgemeiner oder lokaler Zerfall der unbeständigen chemischen Verbindungen ein, aus denen der Körper gebildet ist, und es erfolgt Krankheit oder der Tod. Stahl zögert nicht, die äußersten Konsequenzen aus seiner Theorie zu ziehen — will die Seele, so kann sie natürlich den Körper gesund erhalten, sie ist aber unbeständig und gedankenlos, und darum leidet der Körper. Die Tierseele hat in dieser Hinsicht weniger Machtvollkommenheit als die Seele des Menschen, und deshalb sind die Tiere so selten krank. Man sollte denken, daß unter solchen Umständen jede ärztliche Behandlung überflüssig wäre, da sie es doch nur mit dem in jedem Fall machtlosen Körper zu tun hätte, aber diesen Schluß zieht Stahl jedoch keineswegs, sondern verordnet, wie die Homöopathen in späterer Zeit, gelinde wirkende Mittel, mit denen er meint, der Seele bei ihrer Aufbesserung des Körpers zu Hilfe zu kommen. Starke Mittel, wie Chinin und Opium, verwirft er. Als eine glückliche Folge seines Systems ist es anzusehen, daß er eine milde Be-

handlung der Geisteskranken befürwortet, während die Ärzte sonst in jener Zeit meist mit gewaltsamen, bisweilen brutalen Mitteln die Geisteskrankheit aus den unglücklichen Irren hinauszutreiben suchten.

Diejenigen unter Stahls Zeitgenossen, die sich seinen Ansichten anschlossen, brauchten sich jedenfalls nicht nur an die Sonderbarkeiten zu halten, welche oben angeführt sind. Seine Kritik der mechanistischen Lebensauffassung seiner Zeit ist nämlich in vielen Fällen von einer durchdringenden Schärfe, die denen zusagen mußte, welche tiefer in die erwähnten Streitfragen jener Zeit eindringen wollten. Besonders scharf ging er vor gegen die Theorien über jene „Lebensgeister", auf denen die Erklärungen der Lebensvorgänge seitens seiner Gegner beruhten und ohne die man sich bis dahin nicht hatte helfen können. Im Vergleich mit diesen Theorien war seine Seelentheorie wenigstens einfach und leicht verständlich. Sie erklärte auf eine bequeme Weise die Frage vom Verhältnis der psychischen Phänomene zu den materiellen, eine Frage, an der bis dahin alle Versuche, die Lebenserscheinungen mechanisch zu erklären, gescheitert waren. Auch für andere Schwächen der zeitgenössischen Lebenserklärungen hatte Stahl ein scharfes Auge und bewies ihre Haltlosigkeit, z. B. die der landläufigen Panspermietheorien. Neben seiner oben nur in Kürze wiedergegebenen scharfsinnigen Analyse der Gegensätze zwischen lebenden und unorganischen Naturobjekten bilden diese kritischen Beiträge zu den biologischen Streitfragen seiner Zeit Stahls wichtiges Verdienst. Dieses wird allerdings aufgewogen zum Teil durch seine ebenfalls in Kürze wiedergegebenene unklare und zugleich spitzfindige Naturphilosophie, deren Verständnis durch eine unklar und schlecht geordnete Darstellung noch erschwert wird. Unter seinen Zeitgenossen gewann er viele Anhänger. Mehrere seiner persönlichen Schüler waren lebende Beweise der Gefahr, die Seele als mitwirkenden Bestandteil der körperlichen Funktionen anzusehen, indem sie extravaganten Spekulationen mystischer und theosophischer Richtung anheimfielen. Am reinsten wurden die wertvollen Teile seiner Theorie auf der Universität Montpellier bewahrt und weiter ausgebildet, wo eine ganze Schule von Ärzten seinen Ideen huldigte. Unter seinen Gegnern mag außer seinem alten Freunde Hoffmann in erster Linie Leibniz genannt werden, der in einer Streitschrift scharf Stahls Mißachtung der Anatomie, Chemie und der anderen exakten Forschungsmethoden tadelte und vom Standpunkt seiner eigenen Monadenlehre Stahls Theorien von Seele und Bewegung als von dem materiellen Teil der Lebewesen getrennte und auf eigene Hand wirkende Faktoren mißbilligte. Der Einfluß, den Stahl auf die Entwicklung der Biologie späterer Zeit gehabt hat, mag auf den ersten Blick gering erscheinen. Mittelbar hat er jedoch sicher größere Bedeutung gehabt als mancher andere, der öfter genannt wird.

Unter denen, die sich offen zu ihm bekannten, kann ein so bekannter Forscher, wie der Embryologe Caspar Friedrich Wolff, genannt werden.

Der Mann, der unter den Theoretikern der Medizin und Biologie jener Zeit gewiß das größte Ansehen bei seinen Zeitgenossen hatte, war übrigens Hermann Boerhaave. Er war im Jahre 1668 als Sohn eines Landpfarrers in der Nähe von Leiden in Holland geboren und studierte in dieser Stadt anfangs Theologie. Seine Bekanntschaft mit den Lehren Spinozas verschloß ihm jedoch bald die Predigerlaufbahn und er mußte sich nach einem neuen Brotfach umsehen. Nach seiner philosophischen Disputation in Leiden begab er sich an die kleine Universität in Harderwijk und erledigte schnell die medizinischen Examina, worauf er sich in Leiden als praktischer Arzt und Lehrer niederließ. Im Anfang ging es mühsam, dann aber stieg sein Ansehen von Jahr zu Jahr, und er wurde schließlich Professor der Medizin in Leiden und der hervorragendste Arzt Europas. Als solcher gewann er einen Einfluß, wie kaum jemand vor und nach ihm. In allen Weltteilen wurde sein Rat begehrt und seine Einkünfte wuchsen so, daß er als mehrfacher Millionär starb. Diese Erfolge verdankte er einer glänzenden Begabung gepaart mit einem trotz lebenslänglicher Kränklichkeit unermüdlichen Fleiß. Höher aber noch als diese Vorzüge schätzten seine Zeitgenossen seinen edlen Charakter. Er lebte äußerst anspruchslos, während er mit seinen reichen Mitteln den Armen und Kranken half und freigebig die Wissenschaft unterstützte. So kam es auch, daß er Swammerdams Schriften vom Untergang rettete und Linnés Arbeit in Holland ermöglichte. Er war im Umgang freundlich und anspruchslos, konnte aber, wenn es darauf ankam, seine Würde auch gegenüber den höchsten Herrschaften wahren. Er starb 1738, nachdem er in den letzten Jahren wegen Kränklichkeit beurlaubt gewesen war.

Boerhaaves Stellung zu den biologischen Problemen seiner Zeit wurde ohne Zweifel dadurch bestimmt, daß er in seiner Jugend Spinoza studiert hatte und während seines ganzen Lebens ein großer Bewunderer von Sydenham gewesen war. An den ersteren erinnert seine klar und scharf formulierte Charakteristik des Verhältnisses zwischen Körper und Seele. Beim Menschen muß alles, was Gedanken enthält, allein auf die Seele als Ausgangspunkt bezogen werden. Alles dagegen, was mit Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Form oder Bewegung zu tun hat, muß allein dem Körper und seinen Bewegungen zugerechnet werden. An Sydenham wieder erinnert sein Gefühl für die Umgrenzung der naturwissenschaftlichen Forschung. „Die Erforschung der äußersten metaphysischen und der primären physischen Ursachen ist für einen Arzt weder nötig, nützlich oder möglich. Beispiele: die Elemente, die ersten Formen, der Ursprung der Lebenserzeugung, die Bewegung usw.“ Dieses

Zitat zeigt außerdem seine, gleich Sydenham, durchaus praktische Richtung. Das höchste wissenschaftliche Ziel, das er sich setzte, war tüchtige, praktische Ärzte heranzubilden. Da er für diesen Zweck eine gründliche allgemeinwissenschaftliche Bildung für unumgänglich nötig hielt, widmete er der Erforschung des Aufbaues des Körpers und der Funktionen desselben eine eingehende Arbeit, die auf einer ungemein vollständigen Kenntnis der ganzen bis dahin bekannten medizinischen und biologischen Literatur fußte. Der allgemein biologische, oder wie er ihn nennt, physiologische Teil seines hervorragendsten Werkes „Institutiones medicae" macht demnach wegen der großen Menge von Angaben aus zweiter Hand den Eindruck einer Kompilation. Es war jedoch ausdrücklich als Handbuch beim Unterricht gedacht und die Ideen in ihm sind jedenfalls durchaus originell und durchdacht, wie denn die ganze Arbeit im Vergleich mit Hoffmanns und Stahls theoretischen Spekulationen sich auffallend modern ausnimmt. Die abstrakten Theorien sind nämlich ganz in den Hintergrund gedrängt durch eine gründliche Analyse aller zu den Funktionen des Körpers in Beziehung stehenden, damals bekannten Tatsachen. Zuerst wird die Verdauung geschildert, angefangen mit einem genauen Bericht über das Kauen, dann die Funktionen des Darmkanales und seiner Drüsen, ferner der Blutkreislauf und die Atmung, das Herz und das Nervensystem, mehrere Drüsensysteme, die Muskeln, die Haut, die Sinneseindrücke und die Fortpflanzung. In rein anatomischer Hinsicht weicht die Darstellung im großen und ganzen wenig von den Ergebnissen ab, zu denen wir in unserer Zeit gelangt sind. Man findet hier alle Errungenschaften eines Borelli, eines Malpighi, eines Ruysch berücksichtigt. Besonders die genauen Sektionen und Injektionen des letztgenannten, der übrigens Boerhaaves persönlicher Freund war, hat dieser verstanden meisterlich zu benutzen. Wo es darauf ankommt, die Funktionen der verschiedenen Organe zu erklären, tritt eine streng mechanische Grundauffassung zutage — die Tätigkeit des Körpers ist Bewegung, die Fähigkeit Bewegungen auszuführen, wird Funktion genannt und diese unterliegt mechanischen Gesetzen und kann nur durch solche erklärt werden. Die Zerkleinerung der Nahrung und ihre Aufnahme in den Körper geschieht rein mechanisch, die chemische Einwirkung des Magensaftes wird geleugnet, in erster Linie wirken bei der Verdauung mit die eigene Wärme des Körpers und die ständigen Bewegungen des Verdauungskanales und der ihn umgebenden Organe, aber auch das Nervenfluidum, das bei den Funktionen des Körpers eine so große Rolle spielt. Gegenüber dem von den antiken Verfassern behaupteten „Kochen" der Nahrung im Darmkanal nimmt Boerhaave eine in gewisser Hinsicht unklare Stellung ein. Dagegen meint er, daß scharfe und ungeeignete Nahrungsmittel durch Zusammenziehung der Öffnungen der Chylus-

gefäße am Eintritt in diese aus dem Darm verhindert werden. Der von den Chylusgefäßen aufgenommene Teil der Nahrung wird durch den Brustgang ins Venensystem geleitet, wo sich der Chylus mit dem Blute mischt. Diese Mischung wird aber erst vollständig, wenn das Blut die Lungen passiert, deren poröser Bau dazu dient, die Mischung so ausgiebig als möglich zu machen. Daß Luft durch die Lungen ins Blut gelange, wird in einer Polemik gegen Borelli, der solches behauptet hatte, geleugnet, und Boerhaave findet darum auch keine Erklärung, weshalb lebende Wesen im geschlossenen Raum nicht atmen können. Auch das Gehirn dient zur Reinigung des Blutes und wird zu dem Zweck von diesem durchströmt, das dabei der Hirnrinde seine feinsten Bestandteile abgibt, aus denen jenes Fluidum entsteht, das aus dem Gehirn durch die röhrenförmigen Nervenfasern nach allen Teilen des Körpers geleitet wird und dort Bewegungen hervorruft. Besonders über die Kontraktion der Muskeln und ihr Verhalten zu den Impulsen aus dem Nervensystem hat Boerhaave viel nachgedacht. Er weist durch Experimente nach, daß die Arbeit des Muskels vom Nerven abhängt, und sieht diesen Einfluß im Zuströmen des Fluidum aus dem Gehirn. Hinsichtlich der mechanischen Arbeit der Muskeln lobt Boerhaave in hohem Grade Borellis mechanische Untersuchungen, das Zuströmen des Nervenfluidums aber, meint er, geschehe nach Mariottes Gesetz[1]). Über den Bau und die Funktionen der Geschlechtsorgane gibt Boerhaave eine eingehende Darstellung, die auf den Entdeckungen von Leeuwenhoek und de Graaf beruht. Das Sperma hält er für „veredeltes" Blut und seine kleinen, lebendigen „Animalcula" sollen die Anlagen der Organe des zukünftigen Keimes enthalten. Als Eier betrachtet er nach de Graafs Beispiel die Ovarialfollikeln. Die Befruchtung geschieht durch Eindringen des „lebenden Elementes" des Spermas durch die Poren des Eies.

Im großen und ganzen muß zugegeben werden, daß Boerhaaves biologische Theorie der Auffassung unserer Zeit viel näher steht als die Theorien von Hoffmann und Stahl, und zwar sowohl durch das, was er weiß, und besonders durch das, was er für unmöglich hält zu wissen. Sein Blick für die Begrenztheit der Naturwissenschaft zeugt in der Tat mehr als alles andere von seiner Größe. Im Hinblick auf die Tatsachen kann man ja von ihm nicht mehr erwarten, als zu erreichen in seiner Zeit möglich war. Aber gerade seine Zurückhaltung ist weder von den Zeitgenossen, noch von der Nachwelt genügend zum Beispiel genommen worden. Die Lust, die letzten Rätsel des Lebens zu lösen, hat immer und immer wieder die Forscher veranlaßt, die Grenzen des für die Wissen-

1) Boerhaave meint offenbar das hydrostatische Experiment, genannt Mariottes Flasche, gibt aber nicht näher an, wie dieses Phänomen auf die Nerven- und Muskelfunktionen anzuwenden wäre.

schaft erreichbaren zu überschreiten. Nach dem klar denkenden und sich seiner Schranken bewußten Boerhaave wenden wir uns nun einem Forscher zu, der auf dem Wege der Spekulation das Rätsel des Lebens zu lösen trachtete und in diesem Bestreben eines der reichsten und vielseitigsten Genies aufwendete, von dem die Geschichte zu melden hat, nämlich Swedenborg.

Emanuel Swedenborg (1688—1772) war der Sohn eines schwedischen Bischofs, erhielt zu Hause und auf Reisen eine gelehrte Erziehung und wurde im schwedischen Bergamt als Beamter angestellt. Er versah eine Reihe von Jahren mit Erfolg seinen Dienst und verfaßte nebenbei eine reiche Anzahl naturwissenschaftlicher Schriften auf verschiedenen Gebieten. Im Alter jedoch gab er sowohl seinen Dienst als auch die wissenschaftliche Forschung auf, um ganz in Geisterseherei und theosophischen Grübeleien aufzugehen und endete in geistiger Isolierung und ökonomischen Nöten. Seine naturwissenschaftlichen Werke, die so verschiedene Gebiete, wie Physik, Chemie, Geologie und Physiologie behandeln, beruhen ganz und gar nur auf Literaturstudien, denn eigene Beobachtungen machte er nicht. Schon früh fühlte er sich zur Mystik hingezogen und kam auf seine physiologischen Ideen durch das Bestreben nach dem Sitz der Seele im Menschenkörper zu forschen. Nach dem vergleichenden Studium der anatomischen und pathologischen Literatur seiner Zeit, namentlich der Werke von Malpighi und Vieussens, gewann er die Überzeugung, daß die Seele, die er für ein „Fluidum spirituosum“ ansah, in der Großhirnrinde entstehe und von dort nach den verschiedenen Teilen des Körpers geleitet werde, deren jeder in seinen Bewegungen von einem bestimmten Bezirk des Gehirnes abhängig wäre. Für das Organ der Seele hielt er besonders die von Malpighi entdeckten Pyramidenzellen. Diese „Corpuscula“ waren auch nach seiner Meinung Drüsen und eben daher besonders geeignet, das Seelenfluidum zu erzeugen. — Diese ganze Theorie mit ihrer Mischung von Phantasterei und genialen Ahnungen des richtigen, erst in unseren Tagen aufgeklärten Sachverhaltes wurde von den Zeitgenossen gar nicht beachtet, die sich durch seine Geisterseherei abgestoßen fühlten. Erst in der Zeit der Romantik ließ man ihm mehr Gerechtigkeit widerfahren. Er wird von Gall zitiert, aber sein Einfluß auf diesen und andere spätere Forscher bedarf noch der Klarlegung. In letzter Zeit hat Swedenborgs Gehirnforschung immer größeres Interesse erregt, besonders seitdem der Medizinalhistoriker Max Neuburger in Wien in einer Anzahl von Aufsätzen[1]) versucht hat, Swedenborg seinen rechten Platz in der Geschichte der Physiologie anzuweisen.

---

1) Vgl. besonders „Swedenborgs Beziehungen zur Gehirnphysiologie“; Wiener Medizinische Wochenschrift. Jahrg. 51, Nr. 4, S. 2078.

Von den theoretischen Spekulationen der hier geschilderten Epoche läßt sich im allgemeinen sagen, daß sie wenig Erfolg hatten. Die allgemeinen Theorien über das Leben und seine Äußerungen hatten einen durchaus dogmatischen Charakter, und es waren ihrer ebenso viele, wie die, welche sie ausdachten. Auf diesem Wege konnte die Forschung auf die Dauer keine irgendwie befriedigenden Erfolge erreichen. Gleichzeitig mit diesen Bestrebungen sehen wir aber andere auftreten, denen es besser gelang, dem Wissensdrang der Menschheit zu genügen und die in der nächsten Folgezeit eine große Menge Anhänger gewannen. Diese Bestrebungen umfassen Arbeiten zur systematischen Beschreibung und Einteilung der Lebewesen auf der Erde. Zu diesen wenden wir uns im folgenden.

Kapitel XX.

Die Entwicklung der Systematik vor Linné.

So lange die Kenntnis des Menschen von der Natur sich auf das beschränkt, was er in seiner nächsten Umgebung beobachten kann, hat er wenig Mühe, die Gegenstände seines Wissens im Gedanken zu beherrschen. Erweitert sich aber der Gesichtskreis, so stellt sich damit das unabweisliche Bedürfnis ein, die einzelnen beobachteten Gegenstände unter allgemeine Begriffe zu vereinigen, die, in Worten ausgedrückt, dazu dienen, das Wissen zu festigen und anderen mitzuteilen, „aus dem einfachen Grunde, weil keine Sprache ausreichen würde, alles individuell zu bezeichnen und weil in einer Sprache, welche dies täte, keine Verständigung, kein gemeinsames Wissen und Festhalten einer solchen Unendlichkeit von Wortbedeutungen möglich wäre“ (F. A. Lange).

Die Kategorien, nach denen die Naturobjekte also aus rein praktischer Notwendigkeit schon von den ursprünglichen Naturvölkern gruppiert werden, gründen sich natürlich auf leicht in die Augen fallende und für den Beobachter besonders wichtige Eigenschaften bei Tieren, Pflanzen und leblosen Dingen, die sie interessieren, und derartige Begriffe werden auch heute noch innerhalb der Kulturvölker von allen denen angewendet und neugebildet, die sich rein praktisch mit der Natur beschäftigen. Eine auf wissenschaftlich durchdachten Prinzipien basierende Einteilung von Naturobjekten hat dagegen lange Zeit gebraucht, bis sie sich durchsetzte. Die alte griechische Naturphilosophie begnügte sich in dieser Hinsicht mit den einfachen, volkstümlichen Bezeichnungen. Die ersten, welche diese Einteilungen wissenschaftlicher Bearbeitung unterzogen, waren, soviel man weiß, Platon und Aristoteles. Von Platon stammt die Einteilung in Arten und Geschlechter, d. h. in beigeordnete und übergeordnete Begriffe, und seine Schule bildete diese Begriffseinteilung weiter

aus. Die dichotomischen Bestimmungstabellen, die noch heutigen Tages eine so große Rolle in der Systematik der Pflanzen und Tiere spielen, stammen aus seiner Schule. Je weiter man aber die Begriffseinteilung trieb, desto abstrakter wurde das Resultat, denn je höher man in der Reihe einander übergeordneter Begriffe kam, desto weiter entfernte man sich von den Dingen, von denen man ausgegangen war. Dieses ist eine Tatsache, die den Systematikern in der Biologie nicht immer klar gewesen ist, — der praktische Nutzen, den die systematischen Kategorien gewähren, ließ die Faunisten und Floristen vergessen, wie künstlich ihr System eigentlich geworden war. Aristoteles ging in dieser Richtung nicht über das hinaus, was Platon geschaffen hatte. Auch in seinen biologischen Arbeiten kommen, wie bekannt, nur zwei systematische Begriffe vor — Eidos oder die Art und Genos oder die Gattung, zu der alle Formenzusammenstellungen gerechnet wurden, die dem Artbegriff übergeordnet waren. Ein wirklich ausgearbeitetes System hat er gleichfalls nicht hinterlassen, denn das Tiersystem, das für seines angesehen wird, haben andere nach seinen Schriften zusammengestellt. Seine Formenkenntnis war auch so gering, daß er in der von ihm benutzten einfachen Einteilung nichts Störendes fand. In den folgenden Jahrhunderten wurde das Bedürfnis nach einer reicher gegliederten Systematik keineswegs größer. Der Tiere und Pflanzen, die in der spätantiken Zeit und im Mittelalter bekannt waren, gab es nicht so viele, daß ihre Kenntnis der aristotelischen Naturforschung hätte Mühe bereiten können. Erst durch die großen geographischen Entdeckungen im 16. und 17. Jahrhundert wurde die Zahl der bekannten Lebewesen so außerordentlich stark vermehrt, daß die Erweiterung der biologischen Systematik von da ab unumgänglich notwendig wurde, sofern nicht das gesammelte Material als eine absolut unhandliche Masse liegen bleiben sollte.

Besonders die Systematik der Pflanzen erforderte durchaus eine Neugestaltung. Die Botanik hatte freilich weit später als die Zoologie die Stellung einer selbständigen Wissenschaft erlangt. Im Altertum und Mittelalter war die Pflanzenkunde ein wesentlicher Anhang der Arzneimittellehre. Aristoteles' botanische Schriften sind bis auf wenige Fragmente verloren gegangen. Das große Werk seines Schülers Theophrastos über die Pflanzen galt bei der Nachwelt als Muster. In ihm wurde eingehend der Unterschied zwischen Pflanze und Tier erörtert, wobei ausschließlich höhere Pflanzen und Tiere verglichen wurden und der Vergleich in abstrakte und unfruchtbare Spekulationen ausmündete. Die alte, primitive Einteilung in Kräuter, Sträucher und Bäume wurde allein angewendet. Außer Theophrastos war im klassischen Altertum ein im übrigen unbekannter Forscher namens Dioskorides (wahrscheinlich im Anfang unserer Zeitrechnung) berühmt durch seine ganz

und gar pharmakologische Beschreibung der Pflanzen. Auf Theophrastos und ihn begründete Plinius die Pflanzenbeschreibungen in seinem großen Sammelwerk. Im Mittelalter wurden diese Schriften studiert und kommentiert und man glaubte, sie enthielten alle existierenden Pflanzen. Versuche, die Pflanzen Mitteleuropas in diesen für die Mittelmeerländer geschriebenen Büchern aufzufinden, führte zu den wahnsinnigsten Spekulationen. Nur einige arabische Schriftsteller wagten es, in dieser Periode neue Pflanzen zu beschreiben. Erst mit der Renaissance trat eine Wendung in dieser Hinsicht ein. Bahnbrechend dabei war Otto Brunfels. Geboren vermutlich 1488 in Süddeutschland, wurde er in der Jugend Mönch, ging später zum Luthertum über, bekleidete eine Lehrerstelle in Mainz und starb in Bern im Jahre 1534. Er gab ein großes Werk, „Herbarum vivae eicones", heraus, das ihm bei Linné den Namen eines Vaters der Botanik verschaffte. In dieser mit guten Holzschnitten illustrierten Arbeit schildert er alle Pflanzen, die er kennt. Er nimmt in seinen Pflanzenbeschreibungen noch teilweise den alten Standpunkt ein, d. h. er beginnt jede Beschreibung mit einem Namenverzeichnis in verschiedenen Sprachen, darauf folgt ein Bericht darüber, was alte Schriftsteller über die betreffende Pflanze gesagt haben, weiterhin sein eigenes Urteil über dieselbe und zum Schluß Angaben über ihre „Kräfte". Verglichen mit Gesners Darstellung der einzelnen Tierformen ist diese gewiß unbeholfen, verdient aber als das erste Werk dieser Art jedenfalls Beachtung. Ein System ist nicht vorhanden, und das Buch beginnt mit dem Wegerich, Plantago, „weil er gemein ist und mehr als andere Pflanzen von Gottes Allmacht zeugt".

Jedenfalls war es die Heilkraft der Pflanzen, die Brunfels am meisten interessierte, und dasselbe gilt auch von seinen vielen Nachfolgern im 16. Jahrhundert. Interessant unter diesen ist Leonard Fuchs (1501 bis 1566), der nach katholisch humanistischen Studien zum Protestantismus überging, sich der Medizin zuwandte und schließlich Professor in Tübingen wurde. Sein großes, reich und schön illustriertes botanisches Werk „Historia stirpium" erschien im Jahre 1542. Am bemerkenswertesten in dieser Arbeit ist ein Verzeichnis der in ihr benutzten Bezeichnungen für die verschiedenen Teile der Pflanze mit je einer kurzen Beschreibung bei jedem Namen, und sehr bezeichnend ist es, daß hier das Wort Blüte ganz fehlt. Die Beschreibung der einzelnen Pflanzen bildet im Vergleich zu Brunfels einen großen Fortschritt. Bei jeder Pflanze wird berichtet 1. über die Form, 2. über den Fundort, 3. über die Zeit (wann sie gesammelt werden soll), 4. über das „Temperament", 5. über die „Kräfte". Erst in der letzten Rubrik werden die Ansichten der alten Autoritäten angeführt. Bisweilen macht der Verfasser nach dem Beispiel von Aristoteles einen gewissen Unterschied zwischen Art und Gattung.

Der erste, welcher die Botanik als eine wirklich selbständige Wissenschaft behandelte, ist indessen Andrea Cesalpino (1519—1603). Seinen Lebenslauf haben wir bereits früher geschildert, ebenso seinen wissenschaftlichen Standpunkt, den streng durchgeführten Aristotelismus. Sein großes botanisches Werk „De Plantis" ist im selben Geiste geschrieben. Nicht nur die Grundgedanken, sondern selbst die Form der Behandlung des Stoffes ist nach dem Muster von Aristoteles gehalten — gründlich durchgeführte Analysen der Formen, scharf formulierte theoretische Definitionen und aus diesen abgeleitete Schlüsse, ohne einen Gedanken an solche praktische Nützlichkeitserwägungen, wie sie für die alten Kräutersammler vom Schlage Brunfels die Hauptsache waren. Er beginnt seine Definition des Unterschiedes zwischen Pflanzen und Tieren in echt aristotelischem Stil. Die Pflanzen ernähren sich, wachsen und erzeugen Nachkommen, aber entbehren der Empfindung und Bewegung und bedürfen daher auch weniger Organe als die Tiere. Dann folgt eine Vergleichung der pflanzlichen Organe mit denen der Tiere, die wegen ihrer abstrakten Einseitigkeit zu wunderlichen Konsequenzen führt. Die Ernährungsorgane der Pflanzen sind die Wurzeln, die folglich dem Magen und Darm der Tiere entsprechen; Stengel und Stamm erzeugen die Frucht, gehören also zum Fortpflanzungssystem. Die Pflanze besteht aus verschiedenen Schichten, Rinde, Bast, Holz, Mark, von denen das zu innerst liegende Mark den Eingeweiden der Tiere entspricht und physiologisch am wichtigsten ist. Viel Mühe wird auf die Ermittlung verwandt, welcher von den Teilen der Pflanze dem Herz der Tiere entspricht, denn wie schon früher bemerkt wurde, maß Cesalpino dem Herzen als Mittelpunkt des Leibes und Lebens eine große Bedeutung bei. Für den Lebensmittelpunkt der Pflanze erklärte er schließlich den Wurzelhals, die Stelle, wo Stamm und Wurzel vereinigt sind. Von hier gehen die Gefäße der Pflanze aus, unter denen besonders die Milchsaft führenden beobachtet und mit den Venen der Tiere verglichen werden. Die Vermehrung durch Stecklinge beweist indessen, daß der Mittelpunkt der Pflanze nicht ebenso feststehend ist, wie der der Tiere. Mit echt aristotelischer Redeweise wird betont, daß dieser Mittelpunkt „actu" (in Wirklichkeit) im Wurzelhalse, aber „potentia" (in Möglichkeit) überall sein kann. Besonderes Interesse zeigt Cesalpino auch für die Früchte der Pflanzen, in denen er das Gegenstück des Keimes der Tiere sieht. Die Blätter sind dazu da, den Keim zu schützen und die Blütenkronenblätter sind modifizierte Laubblätter, eine Idee, die später von Goethe aufgegriffen wurde. Von einer Sexualität der Pflanze weiß Cesalpino übrigens nichts und läßt die Früchte aus Knospen entstehen, diese aber aus Mark und Bast. Das Mark, als der wichtigste Teil der Pflanze, liefert den Stoff zum Keim, der Bast läßt die Blütenblätter entstehen. Es werden verschiedene Arten

von Früchten genau studiert und nach ihnen die Pflanzen eingeteilt, wobei jedoch als Hauptgruppen die alt hergebrachten, die Bäume, Sträucher Halbsträucher und Kräuter beibehalten werden. Diese vier Kategorien werden ihrerseits nach der Beschaffenheit der Frucht in eine Anzahl Unterabteilungen geteilt. Cesalpino gibt übrigens ebenso wenig wie Aristoteles, eine Übersicht über sein System, nicht einmal in Kapitelüberschriften, und besondere systematische Bezeichnungen wendet er auch nicht an. Der Maulbeerbaum, der Haselnußstrauch und andere Fruchtbäume und Sträucher werden jeder für sich geschildert, doch kommen gelegentlich Einteilungen in niedere Kategorien vor, z. B. bei der Mohrrübe, Daucus, werden drei Formen, Creticus, Montanus und Campestris, genannt, was an eine Art- oder eher eine Varietätenunterscheidung erinnert. Es sind jedoch diese und andere bei Cesalpino vorkommenden Kategorien nicht scharf umgrenzt, da er unzweifelhaft mehr Sinn für anatomische und physiologische Fragen hatte, als für systematische.

Indessen ist Cesalpinos System trotz seiner Mängel das erste, das sich wirklich auf vergleichende Untersuchung von Formen stützt. Linné, der eine Übersicht über dasselbe ausgearbeitet hat, äußert die Ansicht, daß Cesalpino der erste gewesen ist, der einen wirklich festen Grund für eine Pflanzensystematik gelegt hat. In späterer Zeit hat man jedoch sein System als künstlich bezeichnet, weil es nur auf ein Organ Rücksicht nimmt, und Ansätze zu einer natürlichen Systematik bei einigen von den alten sonst so wenig systematischen Kräutersammlern zu finden geglaubt. Unabhängig von Cesalpino erhielt die Pflanzensystematik in der Tat eine neue Entwicklungsrichtung durch Caspar Bauhin. Dieser war im Jahre 1550 in Basel geboren und studierte Medizin und Botanik bei dem oben genannten Fuchs in Tübingen. Hernach wirkte er während einer langen Reihe von Jahren als Professor in Basel bis zu seinem 1624 erfolgten Tode. Seine botanischen Hauptarbeiten, „Prodromus“ und „Pinax theatri botanici“, bilden die ersten Versuche einer kritischen Zusammenstellung aller bis dahin bekannten wissenschaftlichen Namen und Beschreibungen von Pflanzen.

Bauhin steht ganz und gar unabhängig von Cesalpino da. Seinen Ausgangspunkt bilden sein Lehrer Fuchs und dessen Gesinnungsgenossen, die halbmedizinischen Kräutersammler des 16. Jahrhunderts. Er unterscheidet sich aber von ihnen durch seinen scharfen Blick für die natürliche Verwandtschaft der Pflanzen und stellt solche Pflanzen in Gruppen zusammen, die sich im allgemeinen in ihrer äußeren Form ähnlich sind, mit denen beginnend, die er für die primitivsten hält. So behandelt er zuerst die Gräser, dann die lilienartigen Gewächse und die Zingiberaceen, ferner die dicotyledonen Kräuter und zuletzt die Sträucher und Bäume.

Diese Gruppen werden jedoch weder charakterisiert noch benannt. Beschrieben werden nur die einzelnen Pflanzen, die unter je einem Gattungsnamen vereinigt und darauf im Hinblick auf alle diejenigen Formen charakterisiert werden, welche zu einem jeden solchen Namen gehören. Diese Diagnosen sind kurz und bündig abgefaßt und ihnen folgt ein kurzer Bericht über Angaben älterer Verfasser über jede Pflanze. Dagegen sind die Gattungsnamen selbst ebenso wenig mit einer Charakteristik versehen wie die oben genannten größeren Gruppen. Die gelegentlich aufgestellte Behauptung, Bauhin hätte den Gegensatz zwischen Gattung und Art klar erfaßt, ist also nicht begründet. Mit mehr Berechtigung hat man Bauhin den Begründer der natürlichen Pflanzensystematik genannt, die auf einer allgemeinen Ähnlichkeit zwischen den Formen beruht, im Gegensatz zu der von Cesalpino begründeten, auf ein einziges Organsystem basierten künstlichen Systematik. Dieser Gegensatz hat später in der Botanik eine große Rolle gespielt, während er in der Zoologie wenig hervorgetreten ist. Besonders verdient hier noch hervorgehoben zu werden, daß Bauhin in seinen Kritiken über die ältere botanische Literatur ein Werk von bleibendem Wert geschaffen hat.

Eine eigentümliche Stellung unter den Botanikern des 17. Jahrhunderts nimmt Joachim Jung, gewöhnlich Jungius genannt, ein. Geboren in Lübeck im Jahre 1587 wurde er noch jung an Jahren Professor der Mathematik in Gießen, nahm aber bald seinen Abschied und führte mehr als ein Jahrzehnt ein recht unruhiges Leben, bis er 1628 Rektor eines Gymnasiums in Hamburg wurde. Er entwickelte sowohl als Gelehrter wie auch als Pädagog eine außerordentlich emsige und vielseitige Tätigkeit, obschon er zum Teil unter recht schwierigen Verhältnissen zu arbeiten hatte. Unter anderem lag er im Streit mit der Hamburger Geistlichkeit, die ihn der Irrlehre beschuldigte[1]). Aus dieser und anderen Ursachen blieb das meiste von dem, was er geschrieben, ungedruckt und ging zum Teil nach seinem Tode (1657) verloren. Von seinen Schülern wurden einige Arbeiten, darunter eine unter dem Titel „Isagoge phytoscopica" (Leitfaden der Pflanzenkunde) herausgegeben. Diese Arbeit, ein Heft von 46 Quartseiten, muß als bahnbrechend in der Botanik angesehen werden. Sie gibt die konzentrierte Darstellung einer deutlich

1) Jung hatte beim Unterricht im Griechischen neben dem neuen Testament auch profane klassische Schriften angewandt. Hierfür zur Rede gestellt, machte er geltend, daß letztere in reinerem Griechisch geschrieben wären, als das neue Testament, worauf die Geistlichen in Hamburg und die Theologen in Wittenberg ihn der Gotteslästerung beschuldigten, weil er den Heiligen Geist, der die Verfasser des neuen Testamentes inspirierte, mangelnder Sprachkenntnis geziehen hätte. Jung mußte seinen Schulunterricht einschränken und entging vermutlich nur wegen seines großen Ansehens der drohenden kirchlichen Maßregelung.

von Cesalpino beeinflußten Theorie der Botanik, aber ohne seine unfruchtbaren aristotelischen Spekulationen. Zu Beginn wird die Pflanze als solche charakterisiert, darauf werden die verschiedenen Organe besprochen, von denen jedes eine kurze, in ihrer Weise treffende, wenn auch abstrakte Diagnose erhält, z. B.: „Ein Blatt ist das, was sich von seinem Anheftungsort in die Höhe und Länge erstreckt, so daß die Ebenen der dritten Dimension voneinander verschieden sind; die innere Ebene des Blattes unterscheidet sich von der äußeren". — Die ganze Darstellung mit ihren bündigen, kernigen Sätzen und ihren tabellenmäßig zusammengestellten Analysen der verschiedenen Pflanzenteile erinnert in höherem Grade als die anderer älterer Botaniker an Linné. Dieser nennt auch Jung hinsichtlich der von ihm aufgestellten Regeln für die Beschreibung von Pflanzen seinen Vorgänger und hat in der Tat mit der Charakterisierung der Pflanzenorgane dort begonnen, wo jener aufhörte.

Ein zu seiner Zeit bedeutender Pflanzensystematiker war August Quirinus Rivinus (1652—1723). Geboren in Leipzig als Glied einer Professorenfamilie, die eigentlich Bachmann hieß, studierte er in seiner Vaterstadt Medizin und wirkte hernach daselbst als Professor. Er war ein vielseitiger Gelehrter, der sich auf verschiedenen Gebieten hervortat. Den größten Ruhm gewann er doch durch sein großes botanisches Werk „Ordo plantarum", das er in zwei großen, mit prächtigen Kupferstichen illustrierten Foliobänden herausgab, und zwar für eigene Rechnung. Er war der erste, der vorschlug, die alte Einteilung in Bäume, Sträucher und Kräuter fallen zu lassen und statt dessen die Pflanzen ausschließlich nach der Blumenkrone einzuteilen. Er schuf also ein künstliches System, das gleichwohl nicht sehr praktisch war. Außerdem schlug er eine vereinfachte Nomenklatur für die Pflanzen selbst vor, aber auch hierin war seine Kritik der früheren mehr wert als sein eigener Reformversuch.

Ein weit größeres Verdienst um die Systematik erwarb sich zur selben Zeit Joseph Pitton de Tournefort. Er war zu Aix in Südfrankreich 1656 geboren und sollte nach dem Willen seines Vaters Priester werden. Als aber der Vater gestorben war, verließ er die Theologie und wandte sich der Botanik zu, die ihn stets interessiert hatte, erwarb aber doch aus praktischen Gründen den medizinischen Doktorgrad. Durch seine botanischen Arbeiten wurde er indessen bald allgemein bekannt, wurde Professor am „Jardin des Plantes" in Paris und erhielt die Möglichkeit, viele und lange Forschungsreisen zu unternehmen. Er starb 1708 infolge eines Unglücksfalles.

In seinem großen botanischen Werk, in dem er die Ergebnisse seiner Forschertätigkeit zusammenfaßt, setzt er auch seine Grundsätze der Pflanzensystematik auseinander. Er definiert die Pflanze als einen organischen Körper, der stets Wurzeln hat, so gut wie immer Samen und

fast immer Stamm, Blätter und Blüten. Seine Darstellung vom Bau der Pflanzen stützt sich auf Cesalpino und Malpighi. Bei der Ein teilung und Charakterisierung der Pflanzen hebt er, deutlich von Cesal pino beeinflußt, hervor, daß hierbei nur die Blüten und Früchte in Frage kämen, indem er weitläufig den Beweis zu führen sucht, warum Wurzel, Stamm und Blätter keine zuverlässigen Merkmale abgäben. Besonders die Gattungen, Genera, der Pflanzen sollten aus der Übereinstimmung im Bau der Blüten und Früchte abgeleitet werden, wenn aber eine Gattung Formen umfaßt, deren übrige Teile ungleich sind, müßten die Gattungen ihrerseits in Unterkategorien geteilt werden. Auf die Beschreibung der Gattungen verwendet Tournefort die größte Sorgfalt und seine Gattungsdiagnosen sind oft so treffend, daß die Systematiker späterer Zeiten bis hinein in die unserige sie beibehalten haben, obgleich sie nur auf den Eigenschaften von Blüten und Früchten beruhen. Die „Species", in welche die Gattungen eingeteilt werden, sind dagegen bloß durch einige wenige Worte über Stamm und Blätter angedeutet ohne nähere Beschreibung. Sein Verfahren ist also demjenigen von Bauhin durchaus entgegengesetzt. Überdies aber führt Tournefort zum erstenmal in die Systematik eine höhere Kategorie als die Gattung ein, indem er die Pflanzen in eine Anzahl von Klassen und jede Klasse wieder in Sektionen einteilt. Beide Kategorien werden mit einigen Worten gekennzeichnet, aber nicht benannt. Die Merkmale für dieselben werden aus den Eigenschaften der Blüten entnommen, und es werden etliche noch bis heute geltende Kategorien von Blüten aufgestellt, wie folgende: Blüten mit oder ohne Krone, mit oder ohne Verwachsung der Blätter, ferner kreuzförmige, zungenförmige Blütenformen usw. Von der von Rivinus aufgehobenen Einteilung in Kräuter, Sträucher und Bäume hat er sich doch nicht freimachen können, und sein System umfaßt 17 Klassen von Kräutern und 5 Klassen Sträucher und Bäume. Hinsichtlich der Anatomie und Physiolologie hat Tournefort wenig zu sagen. Auf seinen Reisen hatte er die seit uralten Zeiten geübte und schon von Theophrastos beschriebene künstliche Befruchtung der Dattelpalmen, die ja bekanntlich getrenntgeschlechtlich sind, beobachtet und gesehen, daß die Züchter zwecks Erleichterung der Befruchtung an den weiblichen Bäumen Blütenstände von den männlichen aufhängen. Nennenswerte theoretische Schlußfolgerungen hat er aber aus dieser Erfahrung nicht gezogen. Die Sexualität der Pflanzen wurde dagegen von einem anderen Forscher, Camerarius, bewiesen.

Es war von alters her bekannt, daß bei gewissen Pflanzen zwei verschiedene Arten von Individuen vorkommen, die beide mitwirken müssen, damit ein Fruchtansatz erfolgen kann. Das klassische und von allen Naturforschern des Altertums gekannte Beispiel war, wie gesagt,

die Dattelpalme, deren fruchttragende Exemplare von den Völkern, die sie zogen, ganz richtig als die weiblichen bezeichnet wurden, während man diejenigen, deren Blüten zur Befruchtung nötig waren, die männlichen nannte. Aber auch andere Pflanzen waren in dieser Beziehung schon lange bekannt, und man ging in vielen Fällen so weit, daß man Pflanzen verschiedener Art, die einander ähnlich sahen, aber sich durch verschieden kräftige Entwicklung unterschieden, für weiblich und männlich gelten ließ, wie das bekannte Beispiel der beiden Farrenkräuter Filix mas und Filix femina zeigt, die noch heutigen Tages diese irrtümliche Geschlechtsbezeichnung als Artennahmen tragen. Diese Ideen stammten jedoch aus dem Volksglauben, und die Gelehrten, sowohl die der klassischen Zeit als auch die auf die klassischen Autoritäten sich verlassenden des 16. und 17. Jahrhunderts, leugneten oder ignorierten wenigstens die Sexualität der Pflanzen, wobei natürlich der Umstand mitwirkte, daß die große Mehrzahl der Pflanzen hermaphroditisch ist. Wo kein Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Individuen da war, schien kein Grund zur Annahme einer geschlechtlichen Fortpflanzung vorhanden zu sein. Grew war der erste, der bei den Pflanzen eine geschlechtliche Fortpflanzung „gleichsam wie bei den Schnecken" annahm, die ja bekanntlich auch Hermaphroditen sind. Diese seine Ansicht beruhte aber hauptsächlich auf theoretischen Erwägungen und solche sind, wie bekannt, in der Regel weniger überzeugend als direkte Beobachtungen. Der die Sexualität der Pflanzen durch überzeugende Versuche feststellte, war Rudolph Jakob Camerarius (1665—1721). Er stammte aus einer alten, seit der Renaissancezeit bekannten Gelehrtenfamilie, die ursprünglich Cammerer gehießen hatte, und wirkte während seines ganzen Lebens in Tübingen, wo er schließlich in einer langen Reihe von Jahren Professor der Medizin war. Über seine Arbeiten berichtete er gewöhnlich in kleineren Aufsätzen, die nach damaliger Sitte oft in Form von Briefen an andere Gelehrte erschienen. Die Abhandlung, die allein berechtigt, ihn in der Geschichte der Biologie zu nennen, ist ein „Brief über das Geschlecht der Pflanzen" aus dem Jahre 1694. Er berichtet in diesem Aufsatz weitläufig über die Auffassung aller alten Autoren über die Fortpflanzung der Gewächse und die Teile der Blüten. Selbst kommt er zu dem Schluß, daß der Pollen das männliche und der Fruchtknoten das weibliche Element sei, und erörtert im Zusammenhang damit eine Menge Theorien über Sexualität und Befruchtung überhaupt, ohne aber in theoretischer Hinsicht irgendetwas Wertvolles beizutragen. Um so mehr Bedeutung haben aber die Experimente, mit denen er seine Theorie von den Geschlechtseigenschaften der Pflanzen beweist. Er züchtete zu diesem Zweck eine nicht geringe Anzahl von monözischen und diözischen Pflanzen und fand, daß sie keine Frucht trugen, wenn man die männlichen Blüten

zur rechten Zeit abpflückte, daß aber die Früchte sicher angesetzt wurden, wenn man den Stempel mit Pollen versah. Diese Beweise wirkten zweifellos überzeugend, wenn auch nicht auf alle Zeitgenossen, so doch auf die Nachwelt, und besonders Linné hat sein Verdienst um die Entwicklung der Pflanzenphysiologie anerkannt.

Während somit die Pflanzensystematik in den beiden ersten Jahrhunderten der Neuzeit eine großartige Erneuerung erfuhr, war die Tiersystematik zum Stillstand gekommen. Die Zoographie der Renaissancezeit war, wie bereits geschildert wurde, ja im allgemeinen wenig systematisch, und im besten Fall hielt man sich an Aristoteles, in dessen „Geschichte der Tiere“ die Zoologie eine alte Grundlage besaß, die der Botanik fehlte. Sie bestand in einer genauen, auf einem unvergleichlichen Beobachtungstalent und Formsinn beruhenden Vergleich zwischen den verschiedenen Tierformen, dessen Wert schon daraus hervorgeht, daß etliche von den Gruppen, in welche die Tiere dort eingeteilt werden, fortfahrend in der Systematik weiterbestehen. Besonders hinsichtlich der Wirbeltiere, die aus naheliegenden Gründen die Menschheit am meisten interessierten, hat Aristoteles, wie schon hervorgehoben wurde, einen scharfen Blick für die natürliche, auf der Übereinstimmung im Bau und in den Funktionen des Körpers beruhende Verwandtschaft zwischen den verschiedenen Formen. Die Tierbiologie hatte ja auch zu jener Zeit ihr großes Arbeitsfeld auf anatomischem und physiologischem Gebiete, was zur Folge hatte, daß die Vergleichung zwischen den Lebensformen des Tierreiches ein anderes Gepräge erhielt als im Pflanzenreiche. Im ersteren Fall handelte es sich um Vergleichung der inneren Organe, deren komplizierter Bau erst nach umfassenden Untersuchungen klargelegt werden konnte, im letzteren hauptsächlich um das Studium rein äußerlicher Formbildungen. Indessen war ja auch in der Zoologie die Ausbildung einer Einteilung nach Formen durchaus notwendig, besonders im Hinblick auf die verschiedenen Kategorien, in die die damals bekannte Tierwelt eingeteilt war und die eine bestimmtere Fixierung bedurften, als Aristoteles und seine Nachfolger ihnen gegeben hatten. Hierbei war nun zweifellos ein Zusammenarbeiten von Zoologie und Botanik notwendig zur Aufstellung eines gemeinsamen Grundplanes für den Vergleich und die Beurteilung aller der Formen, in denen das Leben auf der Erde auftritt. Der Forscher, welcher zuerst die Pflanzen- und Tierformen von gleichen Gesichtspunkten aus behandelte, war Ray, und Linné war es, der endgültig ein einheitliches System für alle lebenden Wesen durchführte.

John Ray war 1627 oder im Jahre darauf zu Black Notley, einem Dorfe etwa 50 km nordöstlich von London in der Grafschaft Essex, geboren. Sein Vater war ein wohlhabender Schmied, der das Geld hatte, seinen ältesten Sohn studieren zu lassen. Im Jahre 1644 wurde der junge

Ray Student in Cambridge und widmete sich anfangs dem Studium der klassischen Sprachen und der Theologie, interessierte sich aber gleichzeitig für Mathematik und Naturwissenschaften. Er hielt den Studenten abwechselnd Vorlesungen über griechische Sprache und Mathematik und wurde schließlich nach Erlangung der geistlichen Würde fest bei der Universität angestellt. Sein Staatsdienst dauerte jedoch nicht lange. Karls II. reaktionäre Regierung forderte im Jahre 1662 von der Geistlichkeit Englands eine die Gewissensfreiheit herabwürdigende, schriftliche Erklärung, und zu denen, die sich nicht fügen wollten, sondern ihren Abschied nahmen, gehörte auch Ray. Er arbeitete also, wie so viele andere von Englands hervorragendsten Gelehrten, während des größten Teiles seines Lebens als Privatgelehrter. Für Ray wurde dieses durch seine Bekanntschaft mit Francis Willughby, einem sehr reichen Edelmann, möglich, der, 8 Jahre jünger als Ray, auf der Universität seinen Unterricht genossen hatte und mit ihm durch lebenslängliche Freundschaft und das gemeinsame Interesse für Naturwissenschaften verbunden war. Nach Rays Verabschiedung begaben sich die beiden zu einer mehrjährigen Forschungsreise auf das Festland. Ray widmete sich der Botanik und Willughby der Zoologie. Nachdem sie ein reiches Untersuchungsmaterial gesammelt hatten, ließen sie sich in Willughbys Schloß nieder, um ihre Sammlungen zu bearbeiten. Im Jahre 1672 wurde jedoch die gemeinsame Arbeit durch Willughbys Tod unterbrochen, der in seinem Testamente seinen Freund zu einem der Testamentsvollstrecker ernannt und ihm eine Leibrente von 60 Pfund im Jahr vermacht hatte. Noch einige Jahre blieb Ray in der Familie seines Freundes, dessen Kinder er unterrichtete, übernahm aber nach seiner Verheiratung das Häuschen seines inzwischen verstorbenen Vaters und setzte dort während etlicher Jahrzehnte seine Forschungen fort, allgemein geachtet in der wissenschaftlichen Welt seines Landes und zufrieden mit seinen bescheidenen Lebensverhältnissen. Er starb im Jahre 1705 und hinterließ drei Töchter.

Rays schriftstellerische Tätigkeit war umfangreich und vielseitig. Er verfaßte Predigten, religiöse Abhandlungen, Lehrbücher in den klassischen Sprachen, folkloristische Schriften und schließlich die naturwissenschaftlichen Werke, die allein seinen Ruhm begründeten. Das nach Umfang und Bedeutung größte unter ihnen, seine „Historia plantarum generalis“, ist ein Werk von 2860 engbedruckten Folioseiten, in welchem er das ganze botanische Wissen seiner Zeit zusammenfaßt. Einen Abriß des Systems, nach welchem er die Pflanzen ordnete, hatte er schon früher unter dem Titel „Methodus plantarum“ herausgegeben. Die große Arbeit, welche eine systematische Beschreibung aller damals bekannten Pflanzen enthält, wird eingeleitet mit einer allgemeinen Übersciht über die Natur und die Lebensverhältnisse der Pflanzen. Er führt Aristoteles' Grund-

satz hinsichtlich der Einteilung der Organe in einfache und zusammengesetzte, gleichartige und ungleichartige an. Betreffs der Teile der Pflanze geht er von Jungs Definition und Terminologie aus, die er regelmäßig zitiert, aber in jedem einzelnen Fall erweitert und durcharbeitet. Die von Cesalpino stammende Pflanzeneinteilung nach den Früchten und Samen führt er zwar auch an, aber mit der Bemerkung, daß auch auf die Form der Blätter und anderer Teile Rücksicht genommen werden müsse, damit man Pflanzen, die einander gleichen, zusammenstellen könne, auch wenn ihre Früchte ungleich sind. Vor allem will er daran erinnern, daß die Natur keinen Sprung macht. Extreme werden durch Zwischenformen verbunden, wie ja auch die Zoophyten Übergangsformen zwischen dem Tier- und Pflanzenreiche bilden. Hinsichtlich der Anatomie der Pflanzen folgt Ray im wesentlichen Malpighi und nimmt auch Grews Ideen über die Sexualität der Pflanzen an, ohne sie jedoch weiter zu entwickeln. Die Beobachtungen von Camerarius waren Ray unbekannt. Dagegen schildert er das Keimen der Pflanzen an der Hand origineller Beobachtungen von bedeutendem Werte. Die Unterscheidung zwischen ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen stammt von ihm. Auch den Artbegriff hat er eingehender erörtert als jemals ein Biologe vor ihm. Nach seiner Ansicht gehören zu einer und derselben Spezies diejenigen Pflanzen, welche durch ihre Samen Nachkommen erzeugen, die ihnen selbst gleichen, ebenso wie Stier und Kuh zu einer Spezies gehören, da sie zusammen Wesen erzeugen, die ihnen gleichen. Die Anzahl der Arten ist unveränderlich, weil Gott am siebenten Tage von aller seiner Arbeit ruhte, d. h. vom Erschaffen neuer Arten. Dagegen dürfen verschiedenfarbige Blüten bei Pflanzen, wie auch verschieden gefärbte Kälber nicht als getrennte Arten angesehen werden. Betreffs der Blüten wird das Gesagte dadurch bewiesen, daß Farbenveränderungen nicht durch Samen, sondern nur durch Stecklinge fortgepflanzt werden. Die Unveränderlichkeit der Arten ist indessen nicht absolut. Pflanzenarten können sich durch die „Degeneration“ der Samen verändern. So hat es sich mit Sicherheit ereignet, daß aus Blumenkohlsamen Blätterkohl entstanden ist und aus der Saat von „Primula veris major“ „Primula pratensis inodora“. Ja sogar einige alte Geschichten über die Degeneration von Getreidesamen zu Unkrautgräsern werden von Ray erörtert, wie die Umbildung von Weizen in Lolch und Mais in anderes Unkraut. Er zweifelt freilich in einzelnen Fällen an der Wahrheit der Berichte, hält die Veränderungen aber doch für möglich. Man hat diesen seinen Glauben an die Veränderlichkeit der Arten als Beweis einer vorurteilsfreien Auffassung angeführt im Gegensatz zu der später aufgekommenen Lehre von der Konstanz der Arten, aber die angeführten Beispiele zeigen im Gegenteil deutlich, daß Ray sich nicht von einem Rest uralten Aberglaubens hat freimachen können.

In der eigentlichen Systematik hat Ray die Einteilung in Kräuter und Bäume oder richtiger gesagt in krautartige und baumartige Gewächse beibehalten und als Grund gibt er an, daß baumartige sich von den Kräutern durch den Besitz von Winterknospen unterscheiden, was in Wirklichkeit eine unrichtige Annahme war. In einer späteren Auflage seines „Methodus" hat er denn auch unter dem Einfluß von Rivinus diese Einteilung fallen lassen. Die Kräuter werden eingeteilt in Imperfectae: Pilze, Algen, Flechten und Korallen und in Perfectae: die Blütenpflanzen, welche ihrerseits in ein- und zweisamenlappige zerfallen. Die Untergruppen dieser Kategorien sind zahlreich, einige natürlich und gut charakterisiert, andere aus allem möglichen auf Grund rein zufälliger Merkmale zusammengestellt. Die Bäume werden auch nach der Anzahl der Keimblätter und weiterhin noch in Unterabteilungen eingeteilt. Die Gattungen werden oft mit einem Namen benannt und mit einer kurzen Diagnose beschrieben. Die Arten, in welche letztere zerfallen, werden mit einigen wenigen Worten charakterisiert und dann noch ausführlich beschrieben. Ray ist also der erste, der gleichzeitig Gattungen und Arten beschreibt.

Als Zoologe hat Ray keine der oben genannten botanischen entsprechende zusammenfassende Arbeit hinterlassen. Als sein Mitarbeiter hatte Willughby, wie gesagt, die Zoologie übernommen und nach seinem Tode gab Ray in seinem Namen ein paar Arbeiten über Vögel und Fische heraus. Inwieweit diese von dem einen oder anderen der beiden Freunde herstammen, läßt sich nicht entscheiden. Ray selbst hat zwei zoologische Werke herausgegeben, eine Übersicht über die vierfüßigen Tiere und Schlangen und eine Arbeit über die Insekten. Die erstere, ein kleiner Oktavband, ist sein bedeutendster Beitrag zur Kenntnis vom Tierreich. Er beginnt mit einigen Betrachtungen über die Eigenschaften der Tiere und definiert das Tier als einen Körper mit Leben, Sinnesempfindung und selbständiger Bewegungsmöglichkeit. Darauf bespricht er Descartes' Behauptung, die Tiere hätten keine Empfindung, und beweist ihre Unrichtigkeit. Hinsichtlich der Fortpflanzung der Tiere leugnet er die Urzeugung und bespricht darauf die Theorien über Epigenese und Präformation, Ovismus und Animalkulismus, ohne aber irgendwie bedeutendere Beiträge zu liefern. Die bis dahin stets auf Grund der Autorität der klassischen Schriftsteller mit aufgenommenen Fabeltiere werden kritisiert und völlig abgetan. Hinsichtlich der systematischen Einteilung, die den Hauptteil der Arbeit einnimmt, folgt Ray im wesentlichen Aristoteles, und zwar mit gutem Grunde, da ja dessen Einteilung der vierfüßigen Tiere im allgemeinen natürlich und gut begründet ist. Doch hat Ray nicht gewagt, die nötigen Schlüsse aus der von Aristoteles geschaffenen vergleichend anatomischen Methode zu ziehen. Wie dieser, rechnet er die Wale zu den Fischen, obgleich ihm ihre nähere anatomische Zugehörigkeit zu den

Säugetieren bekannt ist. Dagegen hat Ray die Charakteristik gewisser, von ihm herübergenommener Tiergruppen in mancher Hinsicht vertieft. Er berücksichtigt in erster Linie den Bau der Organe des Blutkreislaufes und von ihnen ausgehend teilt er die Tiere zunächst ein in Bluttiere und Blutlose. Daß die letzteren ein wenn auch farbloses Blut besitzen, ist ihm bekannt, doch will er in jedem Fall die aristotelische Bezeichnung beibehalten. Die Bluttiere werden in Lungenatmer und Kiemenatmer eingeteilt, von denen die ersteren in Tiere mit zwei und Tiere mit einer Herzkammer zerfallen. Zu den mit einer Herzkammer versehenen gehören die eierlegenden Vierfüßer und die Schlangen, während die mit zwei Herzkammern eingeteilt werden in 1. eierlegende, die Vögel, und 2. lebendiggebärende: ihrerseits geteilt in Landtiere, die Säugetiere, und Wassertiere, nämlich die Wale. Charakteristisch für die Landtiere ist ihre Haarbekleidung, weshalb auch der Lamantin, obgleich er im Wasser lebt, zu ihnen gerechnet wird. Die blutlosen werden eingeteilt in kleine, die Insekten, und große, die Weichtiere, Krebstiere und Schaltiere. Bei Betrachtung dieses Systemes können wir die „blutlosen" Tiere, von denen Ray selbst nur die Insekten bearbeitet hat, beiseite lassen. Die Wassertiere interessierten ihn überhaupt nicht, und da die Vögel und Fische von Willughby bearbeitet wurden, bleiben eigentlich nur die vierfüßigen Tiere übrig, die, wie oben angeführt, den Inhalt seines hervorragendsten zoologischen Werkes bilden. Die haartragenden Vierfüßer werden in Ungulata oder Huftiere und Unguiculata oder Klauentiere eingeteilt. Zu den ersteren werden 1. die Einhufer, die Pferde, 2. die Paarhufer, die Wiederkäuer und Schweine, und 3. die Vielhufer, Nashorn und Flußpferd, gezählt. Zu den Klauentieren zählen die Paarklauigen, die Kamele, und die Vielklauigen, 1. mit verwachsenen Klauen, die Elefanten, 2. mit getrennten Klauen, a) mit platten Nägeln, die Affen, und b) mit schmalen Krallen, die Raubtiere und Nager. Außerdem wird ein Teil der Säugetiere als „Anomala" besonders gerechnet, nämlich Igel, Maulwurf, Spitzmaus, Gürteltier, Faultier und Fledermäuse. Die eierlegenden Vierfüßer werden in Frösche, mit denen die Schildkröten vereinigt werden, Eidechsen und Schlangen eingeteilt. In diesem System wird sodann jede Gattung durch eine Diagnose charakterisiert, z. B. die Gattungen Schaf, Marder, und die Arten solcher Gattungen erhalten ebenfalls jede ihre Diagnose. Ausgenommen sind die Frösche, Eidechsen und Schlangen, die ohne Gattungsdiagnosen bloß im allgemeinen charakterisiert werden und Artdiagnosen erhalten.

Rays Arbeit als Systematiker mit modernem Maße zu messen, wäre ganz unhistorisch, aber auch schon mit Linnés System hält sie den Vergleich nicht aus. Dennoch bildet sie für jene Zeit einen außerordentlichen Fortschritt, der namentlich in der klaren Unterscheidung

zwischen Art und Gattung besteht. Ferner zeichnet sich Ray gegenüber seinen Vorgängern durch einen unleugbar scharfen Blick aus für die Ähnlichkeiten, auf Grund deren man Verwandtschaften in weiterem Sinn annehmen kann, denn etliche seiner größeren Gruppen sowohl im Pflanzen- als auch im Tierreich sind im wahren Sinne „natürliche". Schon in der Botanik war der von ihm entdeckte Unterschied zwischen Monokotyledonen und Dikotyledonen von tief eingreifender Bedeutung. Andererseits sind viele unter den von ihm aufgestellten Unterabteilungen im höchsten Grade künstlich, wie ein Blick auf seine Einteilung der Säugetiere nach Klauen und Nägeln deutlich beweist. Jedenfalls hat er keine gemeinsamen systematischen Kategorien für alle lebenden Wesen geschaffen. Erst Linné war es vorbehalten, durch eine solche Tat, die ihn zum Schöpfer der modernen Pflanzen- und Tiersystematik werden ließ, den Weg zu einer völlig einheitlichen Auffassung aller Lebensformen auf unserer Erde zu bahnen.

Kapitel XXI.

Linné und seine Schüler.

Nils Ingemarsson war ein Bauernsohn aus Sunnerbo in Småland, den man zur Schule schickte. Die schwedischen Bauern hatten damals, wie auch noch heute, zumeist keine Familiennamen, sondern nannten sich mit Vor- und Vatersnamen. Nils, der Sohn des Ingemar, wählte schon als Schüler im Hinblick auf seinen künftigen geistlichen Beruf den Familiennamen Linnaeus im Andenken an eine prächtige, alte Linde in seinem Heimatsort, die für einen Weihebaum aus der Vorzeit angesehen wurde. Nach einem langen, oft wegen Mittellosigkeit unterbrochenen Studium auf der Universität Lund wurde er endlich mit 30 Jahren im Jahre 1704 mit der geistlichen Würde bekleidet, erhielt 2 Jahre später eine Pfarrstelle und vermählte sich. Neben seinem geistlichen Beruf beschäftigte er sich sehr eifrig mit Gartenbau und Kräuterkunde. In seinem großen Garten sah man viele Kräuter, die in der Umgegend nicht vorkamen und von deren Eigenschaften er Bescheid wußte. Das älteste von seinen vielen Kindern war der Sohn Carl, geboren am 23. Mai 1707 und hernach weltberühmt unter dem Namen Linné. Der kleine Carl zeigte schon früh dasselbe Interesse für die Pflanzenwelt wie der Vater, und es war seine größte Freude, in dem kleinen Garten zu arbeiten, den er anlegen durfte, um darin so viele merkwürdige Gewächse als möglich zu ziehen. In der Schule zu Växiö dagegen gefiel es ihm, wie er selbst erzählt, gar nicht. „Ungeschickte Lehrmeister und ebenso ungeschickte Methoden brachten den Kindern eine Liebe für die Wissenschaften bei,

daß sich die Haare auf ihren Köpfen sträuben mußten.“ In den humanistischen Fächern, die damals die wichtigsten waren, machte er darum auch geringe Fortschritte, desto bessere aber in den physisch-mathematischen, und der Oberlehrer der Physik, Rothman, bemerkte bald seine große Begabung für Naturwissenschaften, gab ihm Boerhaaves und Tourneforts Arbeiten zu lesen und unterstützte gegenüber dem Vater den Plan des Sohnes, Medizin und nicht Theologie zu studieren. Im Jahre 1727 wurde dieser Student in Lund, wo er im Professor der Medizin Stobaeus einen väterlichen Freund gewann. Auf Rothmans Rat siedelte er aber schon im folgenden Jahre nach Uppsala über, wo das medizinische Studium den Anforderungen der Zeit besser entsprechen sollte, was damals allerdings nicht viel sagen wollte. Meist war Linné im Studium auf sich selbst angewiesen und litt auch sonst in der ersten Zeit Mangel, doch hatte er bald das Glück, in dem Theologieprofessor Celsius, einem eifrigen Botaniker, einen Beschützer zu finden, der ihm in seinem Hause Wohnung gab und für sein weiteres Fortkommen sorgte. Denn schon als junger Student zeigte Linné eine Fähigkeit, die ihn im ganzen Leben auszeichnete, nämlich bei allen denen Bewunderung und Sympathie zu erwecken, deren Interessen sich mit den seinigen begegneten. Diese Eigenschaft hatte wohl ihren Grund in der Begeisterung, mit der er selbst seiner eigengewählten Tätigkeit sich hingab. Nachdem er sich auf der Universität Freunde erworben hatte, kamen die Erfolge Schlag auf Schlag. Noch als blutjunger Student erhielt er bereits die Erlaubnis, Vorlesungen über Botanik zu halten, die von einem großen Hörerkreise besucht wurden. Er erhielt mehrere Stipendien und auch aus öffentlichen Mitteln das Geld zu seinen Reisen in Lappland und Dalekarlien, auf denen er nicht nur Beobachtungen über Naturobjekte und Naturerscheinungen sammelte, sondern auch über die Sitten und Gebräuche der Einwohner. Auf seiner zweiten Reise machte er die Bekanntschaft der Tochter des wohlhabenden Stadtarztes von Falun, Moraeus, die später seine Frau wurde. Zum weiteren Fortkommen auf der Bahn, die er sich gewählt hatte, bedurfte es des Doktorgrades der Medizin, den man zu jener Zeit in Schweden nicht erlangen konnte, und er reiste deshalb für Rechnung seines zukünftigen Schwiegervaters nach Holland, wo er an der kleinen und keineswegs hochstehenden Universität in Harderwijk binnen weniger Wochen seinen Doktorgrad erhielt. Damit waren aber auch seine Geldmittel erschöpft und Linné sah keinen anderen Ausweg, als sich aufs Geratewohl einem Landsmann anzuschließen, der nach Amsterdam und weiter nach Leiden reiste. Dort machte er die Bekanntschaft mehrerer Gelehrten und etlicher Personen, die sich für die Wissenschaft interessierten, und lernte vor allem Boerhaave kennen, der ihm väterliches Wohlwollen entgegenbrachte. Hier glückte es ihm auch mit Hilfe

von Mäzenaten seine bahnbrechendste Arbeit herauszugeben, nämlich das „Systema naturae“, das er schon in Schweden ausgearbeitet hatte und das ihn mit einem Schlage zum berühmten Manne machte. Über 3 Jahre verbrachte er in den ersten Gelehrtenkreisen Hollands, mit fabelhafter Geschwindigkeit ein Werk nach dem anderen herausgebend, wurde dabei von reichen Herren unterstützt und des öfteren überredet, ganz in Holland zu bleiben. Er sehnte sich aber nach Hause und kehrte nach einem Besuch in England und Frankreich heim nach Schweden als europäische Berühmtheit, aber ohne besondere Aussichten für die Zukunft. Anfangs schlug er sich mühsam in Stockholm als Arzt durch, bis er endlich im Jahre 1741 den Wirkungskreis erhielt, nach dem er die ganze Zeit gestrebt hatte, die Botanikprofessur in Uppsala. Während der Zeit in Stockholm hatte er an der Gründung der Akademie der Wissenschaften teilgenommen und war ihr erster Präses. In Uppsala war er vom ersten Tage an der Größte. Seine Zeit und Arbeitskraft reichte für alles aus, für einen Unterricht, der im Sommer und Winter erteilt wurde und immer mehr Zuhörer aus dem In- und Ausland anzog, für die Erneuerung des seit Olof Rudbecks Zeit bestehenden, aber nun verfallenen botanischen Gartens, den er zu einem der ersten in Europa machte, für eine großartige wissenschaftliche Produktion und für eine weitläufige Korrespondenz. Als Gründer einer Schule und Organisator der Arbeit hat er wenige seinesgleichen in der Geschichte der Biologie. Jährlich wurden Schüler auf Forschungsreisen geschickt, deren Sammlungen und Beobachtungen unter ihres Meisters Leitung alsdann bearbeitet wurden. Er selbst wurde in der ganzen Welt als Autorität in naturwissenschaftlichen Fragen anerkannt, deren Rat von Regierungen und Einzelpersonen begehrt wurde. Auch die Heimat wußte ihn zu schätzen, er erhielt viele hohe Auszeichnungen und wurde u. a. in den Adelsstand erhoben, wobei er den Namen von Linné annahm.

Der Höhepunkt von Linnés Größe fällt in die fünfziger Jahre des 18. Jahrhunderts, als er das letzte seiner großen Werke herausgab und seine höchsten Auszeichnungen erhielt. Das Vierteljahrhundert, das ihm nachher noch zu leben übrig blieb, war die Zeit des Niederganges. Seine Gesundheit war geschwächt durch die Entbehrungen in der Jugend und die Mühen des Mannesalters. Schon um 1750 herum erkrankte er ernstlich, konnte aber in den folgenden Jahrzehnten noch mit teilweise bedeutendem Erfolge arbeiten, obgleich seine Beweglichkeit abnahm, aber in den siebziger Jahren seines Lebens kam eine Reihe von Schlaganfällen, die seinen Intellekt trübten und zum Schluß vollständige Lähmung herbeiführten. Im Jahre 1778 kam der Tod als Befreier.

Linné ist im Laufe der Zeit sehr verschieden beurteilt worden. Schon in jungen Jahren wurde er von den Zeitgenossen als der „Princeps

botanicorum" begrüßt, und diese Würde behielt er nicht nur während seines ganzen Lebens, sondern noch lange nach seinem Tode bei. Seine Herrschaft wurde erst erschüttert durch den Sieg der Deszendenzlehre in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, und für die Gegner dieser Theorie blieb Linné immer noch die Autorität, auf die sie sich in erster Linie beriefen, und zwar nicht bloß in naturwissenschaftlichen Dingen, sondern auch aus Gründen, die weit außerhalb des Gebietes der Wissenschaft lagen. Seine altchristliche Frömmigkeit wurde vom religiösen und sozialen Konservatismus gegen den „Unglauben" der neuen Biologie ins Feld geführt. Daß unter solchen Umständen Linné und sein Werk keine historisch richtige Beurteilung erfuhren, ist nur zu begreiflich. Viele sahen in ihm geradezu den Erzfeind der neuen Wissenschaft, und die Urteile über ihn waren oft nicht nur gehässig, sondern auch vollkommen absurd. Um die Jahrhundertwende trat indessen eine ruhigere Stimmung ein, die sich besonders bei Gelegenheit der Feier des 200jährigen Geburtstages Carl von Linnés im Jahre 1907 zeigte, als dieser Tag von der ganzen gebildeten Welt als ein Gedenktag der menschlichen Kultur begangen wurde.

Linné wird oft als ein Beispiel wissenschaftlicher Frühreife angeführt, und in der Tat hatte er sich schon in dem Alter von 20 und einigen Jahren die Prinzipien völlig klar gemacht, auf denen seine spätere Arbeit fußte. Weniger ist jedoch die allmähliche Entwicklung beachtet worden, die in ihm vorging, solange er überhaupt arbeiten konnte. Der Linné, der uns in der ersten Auflage des Systema naturae und den zur nämlichen Zeit erschienenen Werken entgegentritt, ist keineswegs derselbe, der die letzten Auflagen dieser Arbeit verfaßt hat. Hieraus erklären sich zum Teil die einander widersprechenden Urteile über ihn. Der eine hat in den Schriften aus der Jugendzeit, der andere in denen des Alters die Grundlage zu seiner Beurteilung gesucht.

Will man überhaupt aus Linnés Schriften ein Bild über seine allgemeine Naturauffassung gewinnen, so wird man bald finden, daß er sich nie eine durchdachte Theorie über die Lebenserscheinungen als Ganzes gebildet hat, wie etwa Hoffmann, Stahl oder Boerhaave jeder für sich eine solche zustande gebracht haben. In seinem Jugendwerk herrscht ausschließlich eine naiv volkstümliche Auffassung der Natur, die er übrigens im großen und ganzen bis an sein Ende beibehalten hat. Die Natur ist von Gott erschaffen ihm zur Ehre und zur Glückseligkeit der Menschen, und alles, was geschieht, geschieht auf seinen Befehl und unter seiner Leitung. Wie wenig er sich in der Tat für die allgemeinen wissenschaftlichen Probleme interessierte, die seine Zeitgenossen beschäftigten, geht schon daraus hervor, daß er noch in der 12. Auflage des Systema naturae das Weltall aus den uralten vier Elementen, Feuer,

Luft, Wasser und Erde bestehen läßt und, wie es scheint, ganz übersehen hat, daß Stahl schon viele Jahrzehnte früher seine neue Theorie über den Verbrennungsprozeß veröffentlicht hatte. Dagegen kommen in diesem und anderen Werken aus seinen letzten Jahren Ansätze zu einer mechanischen Erklärung des Lebens zum Vorschein, die einen eigentümlichen Kontrast zu seiner schwärmerischen Frömmigkeit bilden. In der genannten Auflage des Systema naturae (Seite 15) definiert er das Leben eines Tieres als eine hydraulische Maschine, die im Gang erhalten wird durch ein ätherisch-elektrisches Feuer, welches seinerseits durch die Atmung unterhalten wird. Andererseits kommt ebendaselbst jene bekannte, hochpoetische Schilderung der Allmacht Gottes vor, wie er den Unendlichen erblickte und ihn schwindelte, als er seine Spur in allem sah, von dem Leben der kleinsten Wesen hier auf der Erde bis zu den Bewegungen der Himmelskörper, die „erhalten werden in ihrem leeren Nichts durch die erste Bewegung, das Wesen aller Dinge, die Triebfeder und den Lenker aller Ursachen, den Herrn und Meister dieser Welt; will man ihn Schicksal nennen, so irrt man sich nicht, denn alles hängt von seinem Finger ab; will man ihn Natur nennen, so irrt man sich auch nicht, da von ihm alles kommt; will man ihn Vorsehung nennen, so hat man auch recht, denn nach seinem Wink und Willen geschieht alles.“ Diese eigentümliche pantheistische Auffassung Gottes, die hier zutage tritt, findet sich schon bei Seneca, dessen „Quaestiones naturales“ Linné in diesem Zusammenhang noch öfters zitiert. Außerdem werden von ihm als Stütze für seine Weltanschauung in der erwähnten Arbeit noch die Bibel, Aristoteles, Cesalpino und van Helmont angeführt. Galileis Physik, Newtons Astronomie und Stahls Chemie hat er dagegen noch nicht beachtet, wenigstens finden sich keine Zitate, die auf sie hindeuten. In der Zeit der Polemik gegen Linné wurde dieser, in der Absicht ihn herabzusetzen, des Aristotelismus beschuldigt. Eine gewisse Berechtigung kann in dieser Beschuldigung liegen, sie kann aber gegen jeden erhoben werden, der die Dinge nach formalen Prinzipien ordnen will, und das war es, was Linné wollte, wie es auch gerade das war, was die Biologie zu seiner Zeit bedurfte. Weit entfernt, ihn deswegen zu tadeln, müßte die Nachwelt ihm im Gegenteil dankbar sein, daß er, anstatt ein sicherlich unfruchtbares Gedankensystem zu ergrübeln, sich mit der Ermittlung des gegenseitigen Verhältnisses der Formen zueinander beschäftigte, einer Arbeit, die seiner Begabung besonders angemessen war. Daß er dabei die Naturauffassung der alten biblischen Überlieferung beibehielt, war zu seiner Zeit ebenso natürlich, wie wenn heute ein Formenkenner sich an die Deszendenzlehre hält, ohne ihre Berechtigung näher zu untersuchen. Dadurch konnte er ohne Rücksicht auf alle theoretischen Schranken seine außerordentliche Beobachtungsgabe in bezug auf die Gegenstände

in der Natur frei entwickeln und gebrauchen. Er konnte seine Beobachtungen ganz nach eigenem Ermessen zusammenstellen und so die Herrschaft über das Forschungsmaterial gewinnen, auf dem unsere heutige Biologie basiert.

Linné war, wie schon erwähnt, im wesentlichen Autodidakt in der Hinsicht, daß der Unterricht, den er von anderen erhielt, sehr dürftig und lückenhaft war. Indessen waren die Verhältnisse, in denen er sich zu seiner Lebensarbeit vorbereitete, seinen Naturanlagen besonders günstig. Die Beobachtungsgabe, seine hervorstechendste Eigenschaft, war von Jugend auf durch die Hantierung im Garten unter der Leitung des Vaters und durch die von diesem geweckte Liebe zur Pflanzenwelt geübt worden und bildete den Keim, aus dem sich sein außerordentlicher Formensinn entwickelte. Seine Lehrer verschafften ihm Einsicht in die damals gebräuchliche biologische Literatur, ohne ihn mit Theorien zu belasten, aus denen er sich später wieder hätte herausarbeiten müssen, und er gewann zeitig die völlig freie Selbstbestimmung, der eine notwendige Voraussetzung ist für einen Mann, der, gleichviel auf welchem Gebiete, neues schaffen soll. Seine Jugendarbeiten, kleine Pflanzenverzeichnisse, die erst in unseren Tagen gedruckt worden sind, zeigen schon deutlich sein Hauptinteresse. Er zählt die Pflanzen auf, die er an verschiedenen Orten gesammelt hat, macht Bemerkungen über ihr Vorkommen und erprobt an ihnen die verschiedenen Systeme, welche er bei seinen Vorgängern findet, besonders bei Tournefort, aber auch bei Ray und Rivinus, ist aber doch von keinem recht befriedigt. Man findet im Gegenteil schon in seinen damaligen Aufzeichnungen, daß er sich berufen fühlte, die seiner Meinung nach stark zurückgebliebene Botanik zu reformieren. Da erfuhr er durch eine Kritik in einer Zeitschrift von Camerarius' Entdeckung des Geschlechtes bei den Pflanzen und war so begeistert davon, daß er sofort mit einem eingehenden Studium dieser Frage begann. Er sah sogleich ein, daß man in den Staubfäden und Stempeln die wichtigsten Organe der Blüte zu sehen hätte, die darum auch bei der systematischen Einteilung in erster Linie zu berücksichtigen wären. So entstand sein Sexualsystem als erster Schritt zur Verwirklichung des Zieles, das er sich gesetzt hatte, nämlich ein allgemeines System für alle Naturobjekte. Indem er sich dabei über die Grundsätze klar wurde, nach denen eine solche Systematik auszuarbeiten wäre, entstand das große Werk aus seiner Jugendzeit, „Methodus plantarum", in welchem er den größten Teil der Grundsätze darlegt, die seitdem Gemeingut der Systematik der Pflanzen und Tiere geworden sind. In erster Linie befleißigte er sich der Ermittlung und Definition der verschiedenen Teile der Pflanzen nach dem Vorbilde von Jung und Ray, die er jedoch beide an Genauigkeit der Beobachtung und der Ausdrucksweise übertrifft. Ferner setzt er

in meisterhafter Weise die Grundsätze für Namengebung, Synonymik und Charakterisierung der verschiedenen Kategorien des Systems auseinander, die seitdem Gemeingut aller einigermaßen befähigten Systematiker geworden sind, aber zu seiner Zeit mit der überwältigenden Kraft der Neuheit wirkten. Mit allen diesen Gedanken teils schon auf dem Papier, teils noch im Kopfe, kam Linné nach Holland und konnte sie unter den selten günstigen Bedingungen, die er dort fand, in vollem Maße der Forschung zugänglich machen. Bevor wir zur Besprechung des größten uns von Linné hinterlassenen Werkes übergehen, muß mit einigen Worten eines Mannes gedacht werden, mit dem er innig zusammengearbeitet hat und dem er wichtige Impulse für sein ganzes Leben verdankt.

Peter Artedi, geboren im Jahre 1705 zu Anundsjö in Norrland, war der Sohn eines Pfarrers Arctaedius. Er wurde 1724 Student in Uppsala, nachdem er gleich Linné mit Mühe von seinem Vater die Erlaubnis Medizin statt Theologie zu studieren erhalten hatte. Es waren jedoch die Naturwissenschaften, die ihn in erster Linie anzogen, und auf diesem Gebiete mußte er, ebenso wie Linné, meist auf eigene Hand studieren. Bis zu Linnés Ankunft in Uppsala wurde Artedi für den begabtesten Naturforscher an dieser Universität angesehen, und bald entstand zwischen den beiden eine treue Freundschaft und ihre gemeinsame Arbeit gereichte beiden zu großem Nutzen. Artedi interessierte sich besonders für Zoologie, in erster Linie für die Fische, während Linné sich den Pflanzen widmete, so daß sie sich in dieser Hinsicht nicht störten und in jedem Fall ungehindert ihre Ideen und Beobachtungen austauschen konnten. Auch im Charakter ergänzten sie sich vorteilhaft, denn Linné war lebhaft und enthusiastisch, Artedi aber ruhig und kritisch. Ökonomisch hatten es beide gleich schwer und waren oft auf ihren gegenseitigen Beistand angewiesen. Im Jahre 1634 erhielt Artedi ein Reisestipendium und begab sich nach London, wo er Zoologie, besonders die Fische, studierte. Ein Jahr später war er in Amsterdam ohne Mittel und ohne Möglichkeit heimzureisen. Linné, der bereits Bekannte in dieser Stadt hatte, führte seinen Freund bei einem reichen Apotheker ein, der eine große Fischsammlung hatte. Diese durfte nun Artedi bearbeiten und konnte gleichzeitig ein großes Werk über Fische beendigen, an dem er schon lange arbeitete. Sein Lebenslauf endete jedoch früh. Als er im Herbst 1735 eines Abends von einem Besuch bei seinem Wohltäter heimkehrte, fiel er in einen Kanal und ertrank. Seine Arbeit wurde von Linné auf Kosten des holländischen Mäzenaten herausgegeben. Im wesentlichen wird sie wohl von Artedi ausgeführt worden sein, wenn auch Linné hier und da einige Zusätze gemacht hat. Sie sollte eine vollständige Monographie der Fische enthalten, doch ist der anatomische Teil weniger bedeutend. Von größtem Interesse ist jedoch eine Darstellung der Theorie des Systems

in dem „Philosophia ichthyologica“ benannten Abschnitt. Hier werden mit großer Schärfe die verschiedenen systematischen Kategorien erörtert. Artedi geht dabei nach Tourneforts Beispiel von der Gattung aus, welche definiert wird als eine Vereinigung von Arten, die hinsichtlich der Form, Lage, Anzahl und der gegenseitigen Beziehungen der Teile miteinander übereinstimmen und sich von anderen Gattungen unterscheiden. Die Arten aber gründet er nicht auf gemeinsame Abstammung, wie Ray und Linné, sondern auf Verschiedenheiten gewisser einzelner Körperteile innerhalb ein und derselben Gattung. Als höhere Kategorien werden Klassen und Ordnungen angeführt. Die Klassen sollten „natürlich“ sein, d. h. sich auf Übereinstimmung wesentlicher Teile stützen und nicht auf unwesentlichen Umständen beruhen, wie Vorkommen, Größe und ähnlichem. Die Fische bilden eine solche „natürliche“ Klasse wegen ihrer Körperform und ihrer Flossen, und die Wale werden immer noch zu dieser „natürlichen“ Klasse gezählt. Die Ordnungen, in welche Artedi die Klasse teilt, gelten im großen und ganzen noch bis auf den heutigen Tag, was für seinen systematischen Scharfblick spricht. Die von ihm gebildeten Kategorien sind die Knorpelfische, die stachelflossigen und die weichflossigen Knochenfische. Linné übernahm sein Fischsystem unverändert in sein „Systema naturae“.

Dieses große Werk von Linné, „in welchem die drei Reiche der Natur dargestellt werden, eingeteilt in Klassen, Ordnungen, Gattungen und Arten“, erschien, wie gesagt, zu Leiden im Jahre 1735. Gleichzeitig wurde auch das oben angeführte Werk „Fundamenta botanica“ und 3 Jahre später die große Arbeit „Classes plantarum“ gedruckt. Diese drei Werke enthalten eigentlich das Wesentlichste von der Reform der Systematik, die Linné durchführte. Gleich Ray, aber im Gegensatz zu Tournefort, geht Linné vom Artbegriff aus. Er erkennt Rays Lehre von den Arten, nach der diese von Anbeginn geschaffen und unveränderlich sind, ohne Einschränkungen und Ausnahmen an. „Wir rechnen so viele Arten, als von Anbeginn geschaffen wurden; die einzelnen Wesen vermehren sich durch Eier, und jedes Ei liefert einen Nachkommen, der in allem seinen Eltern gleich ist.“ Urzeugung ist also ausgeschlossen und ebenso die Möglichkeit, daß aus dem Samen einer Pflanze ein Gewächs anderer Sorte entstehen kann. Es wird im Gegenteil ausdrücklich betont, daß im Anfang von jeder Art ein einziges Paar, ein Männchen und ein Weibchen, geschaffen wurde, daß also alle Individuen derselben Art gemeinsamer Abstammung sind. Gattungen aber gibt es so viele, als es unter den natürlichen Pflanzenarten nach Anzahl, Form und Lage verschiedenartige Blüten gibt. Die Klasse wird definiert als eine Vereinigung von Gattungen, die in gewissen Hauptzügen der Blüte übereinstimmen. Die Ordnungen dagegen sind Unterabteilungen der Klassen, die eine Anzahl von leichter zusammengefaßten

Gattungen einschließen. Die Anwendung dieser Prinzipien ist Linnés allbekanntes Sexualsystem, in welchem die Klassen im wesentlichen nach der Anzahl der Staubfäden, die Ordnungen nach den Stempeln bestimmt werden. Die praktische Brauchbarkeit dieses Systemes beweist deutlich schon der Umstand, daß es im Schulunterricht vielfach noch bis auf den heutigen Tag angewendet wird, obgleich die Wissenschaft selbst es längst abgeschafft hat. Daß sein System, welches nur auf einem Organsystem basierte, einseitig war, wußte Linné recht gut, und er ist mehrmals von den Grundprinzipien abgewichen, nur um gewisse Gruppen, die er für natürlich hielt, nicht zu zerstören, z. B. die Klassen Didynamia, Tetradynamia und Gynandria, welche freilich nach den Staubfäden charakterisiert sind, aber nicht nur nach der Anzahl derselben, und die Formen enthalten, welche auch die Systematik unserer Tage zusammenhält. Denn Linné war es ganz klar, daß das eigentlich Erstrebenswerte in der Botanik ein „natürliches" System ist, eine Zusammenstellung von Gattungen in Gruppen nicht bloß auf Grund des Verhaltens eines einzigen Organes. An diesem natürlichen System arbeitete er sein ganzes Leben hindurch und die dabei erreichten Resultate sollen im folgenden berührt werden.

Von Linnés systematischer Einteilung des Tierreiches kann man nicht sagen, daß es so gut ausgefallen sei wie sein Pflanzensystem. Er teilt die Tiere in sechs Klassen ein: 1. Quadrupedia; 2. Aves; 3. Amphibia; 4. Pisces; 5. Insecta; 6. Vermes. Die Vierfüßer werden mit folgenden Worten charakterisiert: „Körper haarig, vier Beine, Weibchen gebären lebendige Junge, die sie säugen", die Vögel folgendermaßen: „Körper befiedert, zwei Beine, zwei Flügel, Schnabel, Weibchen legen Eier". Also rein äußerliche Merkmale. Linnés Vorgänger Ray gründete, wie wir sahen, sein System im wesentlichen auf anatomische Merkmale, den Bau der Atemorgane und des Herzens und machte außerdem einen wenn auch mangelhaft charakterisierten Unterschied zwischen Wirbeltieren und Wirbellosen. Die letzteren teilte er in vier Gruppen ein, Linné aber nur in zwei. Das sind Einzelheiten, in denen Linné unstreitig seinem Vorgänger nachsteht. Die Fische hat Linné ganz und gar nach Artedis System behandelt, was er auch zugibt. Von den niederen Tieren interessieren ihn nur die Insekten. Ferner hat Linné für die Tiersystematik keine allgemeinen Grundsätze aufgestellt, die seinen Fundamenta botanica entsprächen. Man könnte freilich einwenden, daß Artedis Philosophia ichthyologica die Lücke ausfülle, aber dessen Methode weicht ja, wie wir sahen, nicht wenig von Linnés ab, besonders darin, daß sein System auf der Gattung, nicht auf der Art basiert ist. Unter solchen Umständen bleibt nichts anderes übrig als festzustellen, daß Linnés Reformen von Anfang an mehr dem Pflanzenreiche als dem Tierreiche angepaßt sind.

In jedem Falle aber war Linnés Beitrag zur Entwicklung der Biologie von durchgreifender Bedeutung für die Wissenschaft als Ganzes Vor allem hat er durch die Fixierung des Artbegriffes in der von ihm gewählten Form die Grundlage der heutigen Systematik geschaffen. In der Zeit des heißesten Streites um die Deszendenzlehre wurde bekanntlich Linné vielfach auf das Schärfste gerade dafür getadelt, daß er die Arten für unveränderlich, wie sie am Anfang geschaffen waren, erklärte, denn der Kampf galt mindestens ebenso sehr dem Glauben an die Schöpfung, wie der Konstanz der Arten an sich, aber trotzdem die Unveränderlichkeitstheorie aufgegeben worden ist, benutzt die Systematik noch heute in der Praxis den Linnéschen Artbegriff, da er durch nichts Besseres ersetzt werden konnte. — Als Art wird die Summe aller Individuen angesehen, die einander so gleichen, als hätten sie eine gemeinsame Abstammung. Auch die übrigen von Linné geschaffenen systematischen Kategorien sind noch im Gebrauch, wenn auch einige neue hinzugekommen sind. Aber ebenso sehr empfindet man Linnés Einfluß in dem, was man den technischen Teil der Systematik nennt, den er in der Tat so geschaffen hat, wie er noch gebraucht wird, nämlich seine Regeln für Namengebung, Beschreibung, Charakterisierung und Synonymie sind so vollkommen, daß die Nachwelt im Prinzip wenig hinzuzufügen hatte. Und diese ganze durchgreifende Reform wurde in einem Zuge ausgeführt von einem bis dahin unbekannten jungen Mann nach wenigen Jahren einer höchst mangelhaften wissenschaftlichen Ausbildung. Dieses wunderbare Ereignis wurde nur möglich dadurch, daß Linné in sich eine außerordentlich geübte Beobachtungsgabe mit einer selten großen, natürlichen Begabung für das Formale vereinigte. Die letztere lag ihm so zu sagen im Blute, denn er klassifizierte alles, was ihm in die Hände geriet. Seine medizinischen Schriften bestehen in Einteilungen von Krankheiten in Tabellenform, seine Vorgänger in der Wissenschaft klassifizierte er gleichfalls in verschiedenen Rubriken, und einmal ordnete er sogar, wohl vermutlich zum Scherz, alle Botaniker unter den Zeitgenossen nach der militärischen Rangliste, an deren Spitze er selbst als General stand. Daß diese Klassifizierungsmanie nie in geistlose Pedanterie ausartete, verdankte er seiner außerordentlichen Liebe zur Natur und seiner Freude und Fähigkeit im Beobachten des Lebens in allen seinen Formen. Diese Eigenschaft bewirkte auch, daß er nicht auf der schnell eroberten Position halt machte, sondern während seines ganzen Lebens an der Erweiterung und Vervollkommnung der Wissenschaft arbeitete, die er bereits so gründlich umgeschaffen hatte. Die Arbeiten, die er mit Hilfe seiner Schüler fortsetzte, solange seine Kräfte vorhielten, bestanden teils in Verbesserungen des von ihm geschaffenen Systems, teils in der Erweiterung und Vervollkommnung des natürlichen Pflanzensystems, das er sich schon früh

vorgenommen hatte auszuarbeiten, und schließlich in einer Menge von Beobachtungen über das Leben der Natur und den Zusammenhang ihrer verschiedenen Erscheinungsformen.

Die wichtigste, rein formale Verbesserung seines Systemes, die Linné im Jahre 1753 für das Pflanzenreich und etwas später auch für das Tierreich einführte, war die binäre Nomenklatur. Bis dahin hatte er nach Tourneforts Beispiel jede Gattung mit einem einzigen Wort bezeichnet, während der Artcharakter mittelst einer kurzen Diagnose von wenigen Worten gekennzeichnet wurde. Nun führte er auch für die Art ein einziges Kennwort ein, so daß jede Pflanze oder jedes Tier nur durch zwei Worte im System fixiert wurde. Diese Reform ist wohl seine größte auf dem rein formalen Gebiete, denn nur dank dieser hat die Biologie das gewaltige Material an Formen beherrschen können, das bis heute gesammelt worden ist und das absolut unzugänglich geblieben wäre, hätte man Diagnosen anwenden müssen, um die Arten zu bezeichnen. Seine übrigen Verbesserungen des Systemes bezogen sich weniger auf die Botanik als auf die Zoologie. Sein botanisches Sexualsystem ließ er im ganzen unberührt und begnügte sich damit, neue Arten in dasselbe einzuordnen, die ihm aus der ganzen Welt zugeschickt wurden. Von den Verbesserungen des Tiersystemes, die er einführte, ist in erster Linie zu sagen, daß er endlich die Wale mit den vierfüßigen Tieren vereinigte, die dabei den Namen erhielten, den sie bis jetzt tragen, nämlich Mammalia oder Säugetiere. Die Ordnungen, in die er diese Klasse nach dem Bau der Zähne teilte, waren jedoch recht künstlich und sind schon vor langer Zeit geändert worden. Dagegen ist seine Vereinigung des Menschen mit den Affen in eine Ordnung als Primates geblieben. Die Vögel, welche er hauptsächlich nach dem Schnabel einteilte, sind noch mehr umgeordnet worden. Besonders unglücklich aber war seine im Gegensatz zu Artedis System geschehene Vereinigung der Knorpelfische mit den Amphibien infolge einer falschen Deutung der Kiemen dieser Fische. Überhaupt verabscheute Linné die kaltblütigen Tiere und schrieb als Motto über die Amphibien die Worte: „Schrecklich sind deine Werke, o Herr.“ Er meinte, es wären wenige, die solche Tiere sammeln wollten. Hinsichtlich der niederen Tiere ließ er sein System unverändert und vermehrte bloß die Arten, besonders die der Insekten, welche gleich den Pflanzenarten um ein Vielfaches reicher wurden.

Trotz der enormen Arbeit, welche die Beschreibung dieser neuen Tiere und Pflanzen aus allen Weltteilen erforderte, hatte Linné doch noch Zeit, sich mit theoretischen Fragen von großer Bedeutung zu beschäftigen. Zu diesen zählt in erster Linie seine Arbeit am natürlichen System der Pflanzen. Schon im Jahre 1738 in seiner in Holland erschienenen Arbeit Classes plantarum veröffentlichte er, wie er es nannte,

„Bruchstücke einer natürlichen Methode", d. h. ein Verzeichnis von 65 „Ordnungen", jede eine Anzahl Pflanzengattungen umfassend, aber ohne Charakterisierung der Eigenschaften, die ihre Zusammenfassung bedingten. In der Einleitung bezeichnet er das natürliche System als das höchste, aber einstweilen noch nicht erreichte Ziel, auf das hinzuarbeiten er alle hervorragenden Botaniker auffordert. Bei Aufstellung eines solchen Systems, meint er, sollte man sich nicht an besondere Teile der Pflanze oder Blüte halten, sondern nur auf die allgemeine Übereinstimmung in allen Teilen der Pflanze achten. Mehrere von den Gruppen, die er geschaffen hat, wie die Palmen, Liliengewächse, Gräser und Umbellaten, gelten noch heute als natürliche. Während seines ganzen späteren Lebens verlor Linné nie das natürliche System aus dem Auge, wenn er auch niemals glaubte, es vollendet zu haben. In seiner „Philosophia botanica" (1751) führt er wieder eine Anzahl natürlicher Gruppen auf und betont dabei, daß die Pflanzen überall aneinander grenzen, wie die Länder auf der Weltkarte. Sein Verständnis für die Schwierigkeit der Aufgabe einer begriffsmäßigen Darstellung der natürlichen Verwandtschaft der lebenden Wesen ist ein Beweis für seinen scharfen Blick hinsichtlich der unendlichen Mannigfaltigkeit der Natur und könnte manchen Biologen unserer Tage, der kühn Stammbäume dieser oder jener Tiergruppe entwirft, zum Nachdenken anregen. Im Anschluß hieran verdient noch hervorgehoben zu werden, daß Linné in seinen späteren Schriften mit weit größerer Vorsicht als in der Jugend die Begrenzung der Arten behandelte. Er hatte nicht nur Massen von Varietäten gesehen, die ineinander übergehen, sondern auch Formen, die durch Hybridisierung entstanden waren, und wie er solche selbst durch geglückte Versuche in seinem Garten zustande brachte. Durch alle diese Erfahrungen begannen die Artgrenzen, die er einst für feststehend angesehen hatte, zu verschwimmen. Das Dogma von der ursprünglichen Erschaffung konnte er natürlich nicht aufgeben, aber er fing an, die Möglichkeit zu überlegen, ob nicht die Erschaffung der Gattungen nur im Umfang einer oder weniger Arten geschehen wäre, aus denen sich dann neue Arten hätten entwickeln können. In der letzten Auflage hat er die Behauptung weggelassen, daß keine neuen Arten entständen. Er, der so oft des „Dogmatismus" beschuldigt worden ist, war in der Tat weniger dogmatisch als mancher Gelehrte unserer Zeit, der bereit ist, blind den für heute geltenden Theorien zu folgen.

In der erwähnten Philosophia botanica stellt Linné auch eine Organlehre des Pflanzenreiches auf, in der eine Menge scharf formulierter Charakterisierungen der verschiedenen Pflanzenteile heute noch Gültigkeit haben. Der anatomische Teil dieser Arbeit ist von vielen für schwächer angesehen worden als sogar die Untersuchungen früherer Pflanzen-

anatomen, wie Malpighi und Grew. Dieses mag seine Richtigkeit haben, denn Linné war überhaupt nicht Anatom, zwar unterließ er es nicht zum Studium auch der Anatomie anzuregen, war aber selbst entsprechend seiner beonderen Veranlagung mehr für die Arbeit in der lebenden Natur als am Seziertisch geschaffen. Unter seinen rein morphologischen Beobachtungen gibt es dagegen viele von bleibendem Wert. So hat er unter anderem den einheitlichen Entwicklungsgang aller Blätter, des Laubes wie der Blüte, festgestellt, eine Entdeckung, die meist Goethe zugeschrieben wird. Versuchte er sich aber in der vergleichenden Anatomie, so hatte er kein Glück, besonders wenn er Teile von Pflanzen und Tieren vergleichen wollte, etwa das Mark mit dem Rückenmark, Rinde und Haut usw.

Außerordentlich vielseitig sind dagegen Linnés Beiträge zur Kenntnis der Lebensbedingungen von Pflanzen und Tieren im Freien. Diese Naturbeobachtungen, welche in seinen Disputationen und Programmreden zerstreut sind, zeugen nicht nur von seinem scharfen Blicke, sondern noch mehr von seiner Fähigkeit, aus seinen Beobachtungen Schlüsse zu ziehen. So hat er in seiner Programmrede „Über die Vermehrung des bewohnbaren Landes", die mit einer Erörterung darüber beginnt, wie alle Pflanzenarten gleichzeitig im Paradiese, wo sie sich doch befunden haben mußten, da Adam ihnen allen Namen gab, wachsen konnten, eine auf so umfassendem Tatsachenmaterial beruhende Theorie über die Verbreitung der Pflanzen aufgestellt, daß sie heute noch ihren Wert hat. In einer anderen Abhandlung gibt er einen Beitrag zur Kenntnis der „Stationen", oder wie man sie jetzt nennt, Standorte der Pflanzen und schildert die Wirkung äußerer Verhältnisse auf die Größe, das Blühen und die Verbreitung. Alles, was man in unseren Tagen phänologische, ökologische und geographische Zoologie und Botanik nennt, ist also von ihm begründet worden. In den Disputationen „Politia naturae" und „Oeconomia naturae" hat er schließlich in vielseitiger Beleuchtung das erörtert, was man heute die Harmonie in der Natur nennt, nämlich die Anpassung aller lebenden Wesen an gewisse Lebensbedingungen und das durch die verschiedene Lebenstätigkeit der Pflanzen und Tiere in der Natur erhaltene Gleichgewicht, „so daß jede Pflanzenart ihr besonderes Insekt bekommen hat, das sie in Schranken hält, damit sie sich nicht zu sehr vermehre und ihre Nachbarn verdränge", während Schlupfwespen und kleine Vögel die Insekten und Raubvögel die kleinen Vögel im Zaume halten. Daß er das alles unter Gottes ständiger Leitung, ihm zur Ehre und den Menschen zum Vorteil geschehen läßt, kann für uns den Wert der Beobachtungen und den Ideenreichtum in diesem Werke nicht verringern.

Das Gleichgewicht, das Linné in dieser Weise in der Natur fand, suchte er auch auf ethischem Gebiete in seinen bekannten Spekula-

tionen über die „Nemesis divina“, die, so kindlich sie im einzelnen auch sein mögen, doch für ihn und seine Zeit typisch sind. Ähnliche Grübeleien über die Gerechtigkeit im Weltgeschehen beschäftigten bekanntlich auch Leibniz und Voltaire. In alledem sah Linné eben die göttliche Leitung, nach der er so fleißig in den Naturerscheinungen suchte. Er war Optimist bis zuletzt, einer von jenen Glücklichen, die überall Harmonie sehen, weil sie selbst so harmonisch veranlagt sind. Sein Lebenswerk betrachtete er mit einer Mischung von naiver Selbstzufriedenheit und demütiger Dankbarkeit gegen die Allmacht, unter deren Leitung er sich stets fühlte. Und er konnte mit sich zufrieden sein, denn er hat innerhalb der Wissenschaft, der er so treu diente, einen so großen Einfluß ausgeübt, wie selten jemand.

Es wurde erwähnt, daß Linné eine ungewöhnliche Fähigkeit besaß, Schüler um sich zu sammeln und für die Aufgaben der Wissenschaft zu interessieren, die er vertrat. In erster Linie waren es Schweden, aber auch Ausländer kamen zu ihm. Seine schwedischen Schüler wurden gewöhnlich nach erhaltener Ausbildung ins Ausland geschickt, um Sammlungen anzulegen und die von ihnen besuchten Gegenden zu beschreiben. Linné hatte für sie eine Instruktion ausgearbeitet, die noch heute als Wegweiser für Forschungsreisende in fremden Ländern gelten kann. Diese Schüler waren Reisende und Sammler, selbständige Entdeckungen machten sie im allgemeinen nicht. Etliche unter ihnen erlagen den Anstrengungen und Krankheiten, einige erhielten ehrenvolle Anstellungen im Auslande, andere kehrten heim. Einige Beispiele mögen genügen. Hasselquist reiste im Orient und starb dort. Löfling starb in Südamerika. Forskål reiste in Arabien und Thunberg verdankt die Wissenschaft die ersten Nachrichten aus Japan. Selbständiger als diese schwedischen Schüler war der Däne Johan Christian Fabricius (1745—1808). Er war der Sohn eines Arztes, studierte anfangs in Kopenhagen und nachher 2 Jahre in Uppsala bei Linné, mit dem er sich für das ganze Leben befreundete. Nach Dänemark heimgekehrt, gab er mehrere wertvolle Arbeiten über Entomologie heraus, indem er Linnés Methode auf die Insekten anwandte, — sogar die Titel seiner Arbeiten stimmen mit denen von Linné überein, wie unser Literaturverzeichnis zeigt. Er vermehrte in hohem Grade die Kenntnis von den Insekten und war im Auslande sehr angesehen, wurde aber in der Heimat nicht sehr verwöhnt. Nach langem Warten erhielt er in Kiel eine dürftig ausgestattete Professur und zog es daher vor, meist im Auslande, besonders in Paris, zu leben, wo er viele Freunde besaß. Von Linnés Schülern war er wahrscheinlich der, welcher am genauesten das System des Meisters

anwandte und es doch verstand, sich desselben zu eigenen Forschungen von bleibendem Wert zu bedienen.

Überhaupt erstarrte in kurzer Zeit die Linnésche Naturwissenschaft in einer geistlosen Sammler- und Beschreibertätigkeit, die ihre Befriedigung darin fand, so viele neue Arten als möglich zu entdecken und in das System einzuordnen, höchstens in der Erwartung, daß sie irgendeinmal der Menschheit von praktischem Nutzen sein könnten, ein Gedanke, der in dieser „Aufklärungsperiode“ nahe lag und auch von Linné selbst kräftig betont wurde. Dabei versäumte man es, diejenigen Zukunftsgedanken aufzunehmen und weiter zu entwickeln, auf die Linné selbst den größten Wert legte, nämlich das natürliche System und das Studium der Lebensbedingungen in der Natur, und die beschreibende Systematik, die so oft Linnésche Wissenschaft genannt wird, ist eigentlich nur der Ausdruck für einen recht beschränkten Teil der Bestrebungen des Meisters. Sie wurde und ist noch bis auf den heutigen Tag eine gewiß notwendige Grundlage für die Fortschritte der Biologie und eine pädagogisch unentbehrliche Einführung in ihr Studium, da sie aber ohne alles tiefere Verständnis für die Lebenserscheinungen betrieben werden kann, bekommt sie nicht selten den Anstrich leerer Sammelwut.

Dieses Geschick schien in der Tat der Biologie in jener Zeit zu drohen, und daß es sich nicht erfüllte, beruhte zum großen Teil darauf, daß gleichzeitig mit Linné ein anderer Forscher wirkte, der bestrebt war, die Wissenschaft in eine ganz andere Richtung zu lenken, und dem das auch wenigstens zum Teil gelang. Dieser Forscher war Buffon.

Kapitel XXII.

Buffon.

Georges Louis Leclerc de Buffon wurde im Jahre 1707 in Montbard in der Bourgogne geboren. Sein Vater war Parlamentsrat in der Provinz Dijon und gehörte demnach dem in Frankreich in früheren Zeiten sehr einflußreichen Beamtenadel an, der dem Lande viele seiner besten Männer schenkte und sich oft durch Bildungsdrang und Wohlhabenheit auszeichnete. Beides fand sich in dem Heim, in welchem der junge Buffon aufwuchs. Er erhielt in seiner Vaterstadt einen gründlichen Unterricht und hatte die besten Aussichten in dem alten Berufe seiner Vorfahren, als ein Zufall ihn in eine neue Bahn führte. Er machte die Bekanntschaft eines jungen Engländers, Lord Kingston, der in Begleitung eines naturwissenschaftlich gebildeten Hauslehrers reiste, und schloß sich ihm auf der Reise durch Frankreich nach Italien an. Während dieser Reise reifte bei Buffon ein Interesse für die Natur, das für seine

Zukunft den Ausschlag gab. Er begleitete seine Freunde bis nach England und verweilte in London ein Jahr, während dessen er Studien oblag, besonders in der Mathematik, Physik und Botanik, die im Vaterlande von Newton und Ray auf der Höhe der Entwicklung standen. Nach Frankreich heimgekehrt, gab Buffon eine Übersetzung von Newtons Arbeit „Über die Fluxionsmethode“ und eine andere von der „Pflanzenstatik“ des englischen Botanikers Hales heraus. Diese beiden Arbeiten zeigten schon die Richtung an, in der er künftig wirken sollte. Als wohlhabender Mann widmete er sich nun ungeteilt der Wissenschaft, anfangs meist der Mathematik und Physik. Im Jahre 1739 wurde er in die französische Akademie der Wissenschaften gewählt und erhielt im selben Jahre die Stellung eines „Intendendant du jardin du roi“, deren an sich schon hohes Ansehen er durch seine Tätigkeit noch vermehrte, indem er den „Garten des Königs“ zum Mittelpunkt der biologischen Forschung in Frankreich machte. Seine hohen Fähigkeiten kamen in der Folge ihm selbst und seiner Wissenschaft zugute. Er verstand es, in den tonangebenden Kreisen Frankreichs ein allgemeines Interesse für die Naturwissenschaft zu wecken, so daß sogar der träge und idealen Interessen wenig zugängliche Ludwig XV. große Summen für seinen Garten und die dort ausgeführten wissenschaftlichen Arbeiten bewilligte und auch viele andere vornehme Personen dieser Wissenschaft und ihrem ausgezeichneten Vertreter ihre Gunst zuwandten. Buffon selbst wurde Graf, Mitglied der französischen Akademie und noch sonst auf jede Weise von den Machthabern ausgezeichnet. Er war aber auch geschaffen, eine glänzende Rolle in einer Zeit zu spielen, wo glänzende Eigenschaften mehr als sonst geschätzt wurden. Den Eindruck seiner stattlichen, hochgewachsenen Gestalt erhöhte seine sorgfältig gewählte Kleidung und sein äußeres Benehmen; er war ein ausgezeichneter Stilist und Redner und verstand es, obgleich er in Gesellschaft verhältnismäßig wortkarg war, so aufzutreten, wie es seine gesellschaftliche Stellung erforderte. Natürlicherweise hatte auch er seine Feinde in der gelehrten Welt, welche ihm im Stillen und öffentlich Ärgernisse bereiteten. Auch die theologische Fakultät in Paris war nicht mit ihm zufrieden, weil ihr seine Ansichten nicht religiös genug schienen, und es war schon einmal die Rede davon, ihn vor Gericht zu stellen. Der vornehme Weltmann, der natürlich nicht die geringste Lust hatte, den Märtyrer zu spielen, parierte indessen die Anklage mit einigen Artigkeiten an die Adresse der unfehlbaren Autorität der Kirche, und die Sache war beigelgt. In privaten Briefen an zuverlässige Freunde äußerte er gleichzeitig so skeptische Ansichten, daß er hier wie ein Widerpart des kindlich frommen Linné erscheint. Aber auch auf anderen Gebieten wurden diese beiden Antagonisten. — Bis zuletzt tätig, erreichte Buffon ein Alter von mehr als 80 Jahren und starb im Jahre 1788. Sein einziger Sohn, den er sich zum

Nachfolger wünschte, aber nicht erhielt, wurde während der Revolution enthauptet.

Schon früh hatte Buffon sich zur Lebensaufgabe gestellt, eine allgemeine Naturgeschichte, eine Darstellung des gesammelten Wissens über die Natur zu schaffen, und im Jahre 1749 erschien der erste Teil seiner „Histoire naturelle", eines Werkes, an dem er arbeitete, so lange er lebte. Sein Mitarbeiter war der hervorragende Anatom Louis Daubenton (1716—1800), der lange unter ihm als Konservator gearbeitet hatte und später Professor am Collége de France wurde. Dieser führte im einzelnen die anatomischen und morphologischen Arbeiten aus, während Buffon das Ganze leitete und somit der Urheber des Gedankeninhaltes und der Darstellungsweise ist. Die ursprüngliche Auflage bestand aus 15 Bänden, von denen der erste die Naturwissenschaft im allgemeinen, die übrigen den Menschen, die Säugetiere und Vögel behandelten. Weiter kam Buffon nicht in der Biologie. In einigen später erschienenen Ergänzungsbänden werden einige allgemein naturwissenschaftliche Fragen erörtert und auch die Mineralogie, die, da er nicht Chemiker war, Buffons schwächste Seite bildete. In der Folge erschienen mehrere Auflagen des großen Werkes, ein Beweis, wie beliebt es trotz seines hohen Preises war. Zu diesem Erfolge hat wohl in erster Linie Buffons glänzende Kunst der Darstellung beigetragen. Er schuf nicht nur fesselnde Schilderungen der Natur und der Lebensgewohnheiten der Tiere, wie sie noch nie früher und selten nachher erschienen sind, sondern verstand es auch, in leicht verständlicher Form physische und kosmologische Probleme zu behandeln. Aber außer diesen äußeren Vorzügen birgt seine Arbeit noch große innere Verdienste. Sie enthält den Anstoß und die Idee zu einer neuen und großartigen Auffassung der Naturwissenschaft, besonders der Biologie, und ihr Einfluß auf die nun folgende Entwicklung dieser Wissenschaft war tiefgehend.

Buffon machte sich zuerst an die Physik, indem er, wie wir sahen, eine Arbeit von Newton übersetzte. Er studierte auch Leibniz und war von Anfang an ergriffen von der großartigen Gesetzmäßigkeit, die, nach den neuen physikalischen und astronomischen Entdeckungen zu urteilen, im Weltraum herrscht. Das Weltall erscheint im Lichte dieser Entdeckungen als ein großer Mechanismus, der sich nach gegebenen Gesetzen bewegt, in dem sich das Vergangene wie das Zukünftige mathematisch berechnen läßt. Sollten unter solchen Verhältnissen nicht auch die Erscheinungen auf der Erde, in der unbelebten wie in der lebenden Natur, einer ähnlichen Gesetzmäßigkeit unterworfen sein? Diese Frage hat Buffon gestellt und sie bejahend beantwortet. Er suchte infolgedessen nach Beweisen und sein Bestreben, die biologischen Erscheinungen als Ganzes in den großen gesetzmäßigen Verlauf der Welt-

ereignisse einzureihen, ist sein unvergängliches Verdienst. Hierdurch ist er um einen großen Schritt dem Ziele näher gekommen, das der Naturforschung unserer Zeit vorschwebt, und hat die mechanistischen Biologen des 17. Jahrhunderts, wie Borelli, Perrault u. a., weit hinter sich gelassen, die mit der Anwendung der Gesetze der Mechanik auf den menschlichen Körper keine universalen Ideen verbanden. Daß Buffon mit dem beschränkten Material an Tatsachen, das ihm zur Verfügung stand, keine Theorie schaffen konnte, die der Kritik unserer Tage genügte, ist klar, soll uns aber nicht hindern, das Großartige in seiner Absicht und seine Genialität im Versuche sie auszuführen anzuerkennen.

Buffon leitet seine Naturgeschichte ein mit einer Darlegung der allgemeinen Grundsätze, nach denen seiner Meinung nach eine solche ausgearbeitet werden sollte. Bei dieser Gelegenheit schon spricht er von seiner Auffassung der Natur als Ganzem, wo alle Kräfte ineinander greifen und alle Geschehnisse in innerem ursächlichen Zusammenhang stehen. Gleichzeitig aber warnt er in Worten, die an Bacon erinnern, davor, die Mannigfaltigkeit der Natur aus allzu engen Gesichtspunkten zu beurteilen, und mit besonderer Anspielung auf Linné warnt er besonders vor solchen, die da sagen, ein Mineral wachse, und die im einzelnen die tierischen Organe mit denen der Pflanzen vergleichen wollen. Das bedeutete, sagt er, die Natur in unsere willkürlichen Gesetze hineinzwingen zu wollen und dem Schöpfer nicht mehr Ideen zuzuschreiben als wir selbst besitzen. Man müsse im Gegenteil zuerst den unerhörten Reichtum der Natur erkennen und begreifen; die ersten Ursachen aller Geschehnisse würden uns doch immerdar verborgen bleiben, und was uns zu tun übrig bleibe, sei die Beobachtung einer Anzahl einzelner Erscheinungen und das Herausfinden des regelmäßigen Verlaufes derselben durch ihre Vergleichung. Ein allgemeingültiges Gesetz für die Naturereignisse könne also nicht geschaffen werden, die Formen und Erscheinungen der Natur gingen unmerklich ineinander über, und deshalb seien besonders solche Pflanzensysteme, wie sie Tournefort und Linné aufgestellt, so äußerst unnatürlich. Besonders gegen Linné wendet sich Buffon mit großer Schärfe und fragt ironisch, wozu sein Sexualsystem tauge, wenn die Pflanzen ausgeblüht hätten. Eigentlich war die ganze Linnésche Artsystematik Buffon aufrichtig zuwider, denn sie erschien ihm wie ein willkürliches Zerhacken der einheitlichen Natur in kleine Stücke. Linnés Bestreben, ein natürliches System zu schaffen und sein Hervorheben der Unvollkommenheit der systematischen Einteilung, worin er gar nicht so sehr von Buffons eigenen Anschauungen abweicht, hat dieser einfach übersehen, vermutlich weil er darin nur kleinere Inkonsequenzen in einer sonst grundfalschen Anschauungsweise sah. Mit derselben Schärfe geht er gegen Linnés Systematik der Tiere vor und trifft unleugbar deren schwäch-

sten Punkt, indem er die beiden großen Klassen der Insekten und Würmer mißbilligt. Denn, sagt er, niemand könne sich einbilden, daß Krebse Insekten und Schnecken Würmer wären. An Stelle von sechs hätte Linné zwölf Klassen aufstellen sollen oder noch mehr; denn je mehr Gruppen man bildete, desto näher käme man der Wahrheit, weil es in der Natur nur Individuen gäbe, während Gattungen, Ordnungen und Klassen nur in unserer Einbildung beständen. Theoretisch hat hier Buffon zweifellos recht, er übersieht aber den praktischen Nutzen jener „eingebildeten" Kategorien, ohne die man in der Wissenschaft die verschiedenen Formen unmöglich meistern kann. Der künstlichen Systematik, die er somit verwirft, stellt Buffon eine Einleitung in das Studium der Natur gegenüber, die in mancher Hinsicht an unseren heutigen Anschauungsunterricht erinnert. Die Naturbeschreibung müsse den Weg gehen, den ein Mensch einschlägt, der, nachdem er alles vergessen, was er gewußt, in eine Umgebung von Naturobjekten versetzt wäre. Er würde zunächst lernen, zwischen Tieren, Pflanzen und Steinen zu unterscheiden, und dann die wesentlichsten Züge des Wohnortes und der Lebensweise der Tiere beobachten und die einzelnen Formen in seinem Gedächtnis danach gruppieren. Schließlich würde er lernen, die verschiedenen Tiere immer mehr im einzelnen mit einander zu vergleichen, zuerst die zahmen Tiere von den wilden trennen, dann unter den wilden die, welche dieselbe Lebensweise führen und einander im Körperbau gleichen, von anderen unterscheiden. Er verherrlicht die antiken Biologen Aristoteles und Plinius, gerade weil sie einen so naturgemäßen Plan bei Beschreibung lebender Wesen befolgt hätten. Übrigens dürfe sich, nach seiner Meinung, die Forschung der Neuzeit nicht nur auf Beobachtung und Beschreibung beschränken, sondern der Gelehrte solle seine Beobachtungen durch Experimente beweisen, er müsse es verstehen, seine Beobachtungen zu kombinieren und die Tatsachen zu generalisieren, einzelne Erscheinungen unter allgemeine Gesetze einzuordnen und schließlich die umfassendsten Erscheinungen der Natur miteinander zu vergleichen. Das äußerste Ziel sei die Ableitung aller Erscheinungen von den allgemeinen Gesetzen der Physik, denselben Gesetzen, deren Ursachen dem Menschen unverständlich bleiben werden, während er nur ihre Wirkungen beobachten kann. Hier hat Buffon zweifellos von Newton und entweder durch ihn oder unmittelbar von Galilei gelernt. In jedem Fall zeigt er hier einen Blick für Ziel und Begrenzung der Naturwissenschaft, wie ihn wenige Gelehrte vor ihm hatten und der heute noch vielen fehlt.

Nach dieser allgemeinen Erörterung der Grundsätze, nach denen ein Naturforscher arbeiten soll, gibt Buffon eine Darstellung der Erde und ihrer Entwicklung zum Wohnplatz lebender Wesen. Dieses Problem hat ihn offenbar ganz besonders interessiert, denn er behandelt es wieder-

holt, einmal in einer Abhandlung am Anfang seines großen Werkes, „Théorie de la terre", und ein anderes Mal in einer bedeutend später und ausführlicher abgefaßten unter dem Namen „Des époques de la nature". Auf diesem Gebiete hat er allerdings Vorgänger gehabt, Steno, dessen geologische Arbeiten im vorhergehenden besprochen wurden, Ray, der eine Schrift über die Veränderungen der Erde verfaßt hat, und Swedenborg. Dennoch muß Buffon der erste genannt werden, der versucht hat, die Geschichte der Erde besonders im Hinblick auf die Entwicklung der Lebewesen auf ihr darzustellen. Er hat ferner in seinem späteren Werk die Kühnheit gehabt, das auf Grund der biblischen Schöpfungsgeschichte offiziell angenommene 6000jährige Alter der Welt zu bezweifeln und der Erde ein weit höheres Alter zuzuschreiben, das zwar gering war im Vergleich zur Länge der von den Geologen unserer Tage angenommenen Epochen, aber jedenfalls ein Brechen mit der bis dahin unwidersprochenen Schöpfungslehre bedeutete, veranlaßt durch die Unmöglichkeit, die ganze geologische und biologische Entwicklung auf der Erde in einem so kurzen Zeitraum wie 6000 Jahre unterzubringen. Schon Steno stand vor diesem Dilemma, nahm aber als frommer Katholik lieber von der Geologie Abstand, als von der kirchlichen Lehre, Buffon aber tat mutig diesen Schritt trotz seiner früheren Erfahrungen mit den französischen Theologen. In seiner Abhandlung „Théorie de la terre" teilt er schon seine Gedanken über die Entstehung der Erde unter ausdrücklicher Betonung ihres hypothetischen Charakters mit. Gleich Leibniz nimmt er an, daß sich die Erde aus einem glühenden Zustande heraus entwickelt habe, jedoch mit dem Unterschiede, daß dieser glaubte, die Erde wäre im Anfang selbst eine „Sonne" gewesen, während Buffon sie aus der Sonnenmasse entstehen läßt und annimmt, daß einst ein Komet mit der Sonne zusammengestoßen wäre und Stücke von ihr abgesprengt hätte, aus denen die Erde und die anderen Planeten entstanden seien. Diese Hypothese ist oft als Beispiel für Buffons ausschweifende Phantasie angeführt worden, obgleich sie nicht exzentrischer ist als viele Kosmogonien seiner Zeit, in denen Kometen überhaupt recht oft mitspielen, und mit viel mehr Reservation vorgebracht wird. Auf den glühenden Zustand folgte eine Zeit, wo Meere die Erde bedeckten und Ebbe und Flut einen großen Einfluß auf die Bodengestaltung ausübten. Als Beweis für diese Theorie von der weiten Verbreitung der Meere führt Buffon die Funde versteinerter Meerestiere, namentlich Schneckenschalen, hoch oben im Gebirge an und überhaupt die Beschaffenheit der geschichteten Bergarten[1]). In seiner Abhandlung „Époques de la nature" teilt Buffon

1) Als Beweis, was für wunderliche Erklärungen von Naturerscheinungen noch in dem „aufgeklärten" 18. Jahrhundert möglich waren, mag hier erwähnt werden, daß Voltaire, der doch als Schüler Newtons gelten wollte, Buffons Theorie hinsicht-

die Erdgeschichte in sieben Perioden ein: 1. als die Erde und die Planeten entstanden, 2. als sich die großen Gebirgsmassen bildeten, 3. als das Wasser das Festland bedeckte, 4. als das Wasser sich verzogen hatte und die Vulkane ihre Tätigkeit begannen, 5. als Elefanten und andere Tropentiere den Norden bewohnten, 6. als sich die Kontinente von einander trennten, 7. als der Mensch auftrat. Ein näheres Eingehen auf seine Charakterisierung dieser Perioden würde hier zu weit führen. Überhaupt läßt er in dieser geologischen Theorie den Vulkanismus eine größere Rolle spielen als in der älteren, und Ebbe und Flut treten in den Hintergrund. Was ihm jedoch am meisten als Verdienst angerechnet werden muß, ist, daß er die Veränderung der Tier- und Pflanzenwelt von Epoche zu Epoche klar erkannt hat. Er hat eine „natürliche Schöpfungsgeschichte" auszudenken versucht, gegründet auf gesetzmäßiger Entwicklung, und spekuliert über die Entstehung der verschiedenen Lebensformen und den Ort, wo sie entstanden, indem er Berechnungen über Klimaveränderungen und andere rein physische Dinge in Betracht zieht. In all diesem erscheint er als Bahnbrecher für eine Naturauffassung, die sich erst ein Jahrhundert nach seiner Zeit durchsetzte.

Seine biologischen Theorien hat Buffon in einem Bande veröffentlicht, der den Titel „Histoire naturelle des animaux" trägt. Die Einleitung bildet eine Untersuchung über den Unterschied zwischen Tieren, Pflanzen und Mineralien, wobei festgestellt wird, daß es zwischen dem Tier- und Pflanzenreiche keine absolut bestimmte Grenze gibt und daß Übergangsformen vorkommen können. Den beiden Reichen gemeinsam ist die Fähigkeit der Individuen, durch Fortpflanzung neue Individuen hervorzubringen, die ihnen selbst gleichen. Eine andere gemeinsame Eigenschaft ist die Fähigkeit zu wachsen. Dieses beweist, daß unter allen Lebewesen eine im Grunde wesentliche Übereinstimmung herrscht trotz der Verschiedenheiten im einzelnen, während dagegen lebende und leblose Dinge nichts, als nur die Materie als allgemeine Grundsubstanz gemeinsam haben. Sowohl Tiere als auch Pflanzen treten als Arten auf, deren Kriterium die Fortpflanzung innerhalb der Art ist, während von einem gemeinsamen Erschaffungsursprung nicht die Rede ist. Überhaupt will Buffon die Entstehung des Lebens nicht als Resultat eines besonderen

---

lich des Vorkommens von Versteinerungen oben im Gebirge für ungereimt erklärte. Die dort gefundenen Muscheln wären vermutlich von Kreuzfahrern, die sie aus dem Orient mitgebracht hätten, verloren worden. Die beiden genialen Herren verzankten sich darob im Ernst, versöhnten sich aber später, und Voltaire erklärte Buffon für einen zweiten Archimedes. Buffon überbot ihn an Artigkeit, indem er versicherte, niemand werde sich jemals Voltaire der zweite nennen können. Voltaires Schmeichelei zeigt übrigens, daß Buffon in erster Linie für einen Physiker galt und auch wohl als solcher gelten wollte.

Schöpfungsaktes auffassen. Das Leben sei, sagt er, kein metaphysisches Merkmal der Lebewesen, sondern eine physische Eigenschaft der Materie.

Da demnach die Fortpflanzung des Lebens wichtigste Eigenschaft ist, widmet ihr Buffon ein besonders eingehendes Studium. Er will dabei nicht von den am höchsten organisierten Wesen ausgehen, sondern beginnt — es ist auch das ein moderner Zug — mit den primitivsten Formen der Fortpflanzung, mit denen durch Teilung bei Pflanzen und primitiven Tieren. Worauf beruht es, daß der abgeschnittene Zweig eines Baumes zu einem neuen Baume auswächst und daß ein Stück von einem Polypen zu einem neuen Polypen wird? Buffon beantwortet diese Frage mit der Annahme, daß Pflanzen und Tiere aus einer Menge kleiner Teilchen bestehen, die wie das ganze Individuum gestaltet sind und sich daher nach ihrer Lostrennung weiter entwickeln und zu neuen Individuen derselben Sorte werden können. Diese Theorie der selbständigen kleinen Teilchen, zu denen wahrscheinlich Leibniz' Monadenlehre die Veranlassung war, erweitert Buffon zu einer Grundlage für seine Auffassung von allen Erscheinungen und Funktionen des Lebens. Gleich wie die tote Materie aus unzähligen kleinsten Teilchen besteht, so gibt es in der Natur eine enorme Anzahl organischer, lebender und ebenso wie die Lebewesen gestalteter kleiner Teilchen. „Wie es villeicht einer Million kleinster Salzkuben bedarf, um ein Körnchen Seesalz zu bilden, so bedarf es auch Millionen organischer Partikeln, die dem Ganzen gleichen, um eine Knospe zu bilden, welche das Individuum eines Baumes oder eines Polypen in sich schließt." Durch diese Annahme sucht sich Buffon auch von der bei seinen Zeitgenossen allgemein beliebten Präformationslehre frei zu machen, die er mit großer Schärfe kritisiert, indem er unter anderem hervorhebt, daß sie eine unendliche Anzahl von im ersten Muttertiere eingeschachtelten Tochterindividuen voraussetze, was an sich schon ungereimt wäre. Als es aber später galt, an die Stelle der Präformationslehre eine annehmbare Theorie der geschlechtlichen Fortpflanzung zu setzen, mußte Buffon erfahren, wie er selbst offen eingesteht, daß es leichter sei niederzureißen als aufzubauen. Er schuf eine allgemeine physiologische Hypothese, die in der Hauptsache darin bestand, daß die Tiere mit der Nahrung eine Menge der überall vorhandenen Lebenskeime aufnehmen und die verschiedenen Organen des Körpers diejenigen von ihnen assimilieren, die der Körper nötig hat. Der Überschuß sammele sich in den Genitalorganen und lasse neue, den Eltern gleichende Individuen entstehen. Daß in der Tat der Keim sich aus der Vereinigung selbständiger lebender Partikeln bilde, hielt er durch die in der Samenflüssigkeit befindlichen Spermatozoen für bewiesen. Durch das mikroskopische Studium reifer Follikeln in Tierovarien glaubte er festzustellen, daß die weiblichen Geschlechtsprodukte in der Tat aus ähnlichen kleinen

Wesen bestehen, da er in der Follikelflüssigkeit den Samenkörperchen ähnliche, bewegliche Lebenselemente zu finden glaubte, die er abbildet[1]) und die sich nach seiner Meinung mit den Spermatozoen vereinigen, um neue Individuen zu bilden. Im Zusammenhang mit der Frage über Entwicklung, Fortpflanzung und Wachstum stellt Buffon eine sehr abstrakte und schwer zu verstehende Hypothese auf über den Zusammenhang der verschiedenen Teile im Organismus. Er sagt, daß jedes Individuum einen „moule interieur" bilde, womit er wahrscheinlich die konstante, bei jedem lebenden Wesen durch das Zusammenwirken der Organe bewirkte Form meint: der Organe, welche ernährt werden und wachsen durch Aufnahme jener lebenden Keime, die die ganze Natur erfüllen und sowohl bei Pflanzen wie auch bei Tieren die wesentlichste Rolle in der Ernährung, im Wachstum und in der Fortpflanzung spielen. Diese Theorie von den lebenden kleinen Teilchen ist also der Ausgangspunkt in Buffons biologischen Spekulationen und zugleich ihre starke und schwache Seite. Mit ihrer Hilfe umgeht er die Schwierigkeit, die Entstehung des Lebens ohne Annahme eines übernatürlichen Schöpfungsaktes erklären zu müssen. Freilich leugnet er diesen nicht direkt, was zu jener Zeit zu gewagt gewesen wäre, aber man sieht deutlich, daß er nichts mit ihm zu schaffen haben will. Dagegen muß er andererseits sich mit Annahmen begnügen, die mit den schon von den Biologen des 17. Jahrhunderts abgetanenen Urzeugungshypothesen eine bedenkliche Ähnlichkeit haben. Wertvoller jedoch als die Ergebnisse dieser Spekulationen ist in jedem Fall seine Kritik der Methoden der Naturforschung selbst, die noch heute mit Nutzen gelesen werden kann. Er stellt seine eigenen Theorien in keinem Fall als bewiesene Wahrheiten hin und seine Warnungen vor der Verwechslung von Hypothesen und Tatsachen könnte sich mancher Biologe unserer Zeit zu Herzen nehmen.

Außer diesen rein biologischen Fragen behandelt Buffon auch psychologische. Seine tierpsychologischen Spekulationen sind jedoch von geringerem Interesse. Er schreibt zwar den Tieren, im Gegensatz zu Descartes, Intelligenz zu, aber leugnet, daß sie Erinnerung und Überlegung haben. Andererseits hat er einige ganz treffende Beobachtungen über die intellektuelle Abhängigkeit von Haustieren von der Dressur des Menschen, über ihre Sinneseindrücke und deren verschiedene Intensität gemacht.

Buffon behandelt, ebenso wie Linné, den Menschen als Gegenstand der Naturgeschichte und widmet seiner Entwicklungsgeschichte,

---

1) Was Buffon und seine Gehilfen, von denen er mehrere nennt, darunter den englischen Mikroskopiker Needham, eigentlich in der Follikelflüssigkeit sahen, st schwer zu sagen, vielleicht losgerissene Zellen aus dem Follikelepithel, oder auch nur Gerinnsel.

seinen Ernährungs- und Lebensbedingungen eine ausführliche Darstellung, die mit Recht berühmt geworden ist nicht nur wegen ihrer großen formalen Vorzüge, sondern auch als erster Versuch einer Anthropologie in modernem Sinn. So gründlich auch die Anatomie des Menschen bereits im 16. und 17. Jahrhundert behandelt worden war, so war doch eine allgemeine Beschreibung des Menschen im Hinblick auf alle seine Beziehungen zur Natur etwas Neues. In anatomischer und physiologischer Hinsicht hat er allerdings nicht viel Neues mitzuteilen, aber er stellt gewissenhaft und kritisch das vorhandene Material an Kenntnissen zusammen. Er berichtet über die Entwicklung des Menschen als Embryo und auf den späteren Altersstufen, versucht die Entwicklung des Sprachvermögens beim Kinde und die Wirkung der Seelenregungen auf den Gesichtsausdruck zu analysieren, erörtert die Möglichkeit der Sinneswahrnehmungen, die Wirklichkeit wiederzuspiegeln, und stellt die Abhängigkeit des Wissens von diesem Umstande fest. Er untersucht die Sterblichkeitsbedingungen auf verschiedenen Altersstufen, gibt eine statistische Übersicht über die Todesfälle in einigen Provinzen Frankreichs und sucht mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Sterblichkeit für verschiedene Altersstufen zu ermitteln. Er sammelt Angaben über die Eigentümlichkeiten wilder Völker und über abnorme Erscheinungen bei Kulturvölkern. Stets hält er fest an der Überzeugung, daß der Mensch seine Körperfunktionen mit den Tieren gemeinsam habe, daß aber andererseits zwischen ihnen in psychischer Hinsicht ein so grundsätzlicher Unterschied bestehe, daß eine Gleichstellung menschlicher und tierischer Seeleneigenschaften nicht möglich sei.

Von den Tieren hat Buffon, wie gesagt, nur die vierfüßigen Tiere und die Vögel bearbeiten können, die in ausführlichen Monographien für jede Art behandelt werden. Natürlich sind diese, jede für sich, von sehr verschiedenem Wert. Allen gemeinsam ist jedoch die glänzende Darstellung und die allseitige Behandlung des Stoffes, wodurch sie sich sowohl von den bunten Notizensammlungen der älteren Zoographen als auch von Linnés kurzen, summarischen Diagnosen weit unterscheiden. Als Naturschilderer ist Buffon von grundlegender Bedeutung, in gewisser Hinsicht heute noch unübertroffen. Ein näheres Eingehen auf die Einzelheiten seiner Tierbeschreibung würde hier zu weit führen, es mag nur noch hervorgehoben werden, daß es nicht nur formale Verdienste waren, die den berechtigten Ruhm des Werkes begründeten, denn in vielen seiner Schilderungen, namentlich der Vögel, finden wir eine Menge scharfer und treffender Einzelbeobachtungen über die Lebensweise, die Fortpflanzung und andere biologisch interessante Verhältnisse.

Jeder von Buffons Säugetiermonographien hat sein Mitarbeiter Daubenton einen Bericht über die Anatomie des Tieres hinzugefügt.

Als Einleitung bespricht dieser seine Grundsätze betreffend einer solchen allgemeinen, wie wir jetzt sagen würden, vergleichenden Anatomie, im Gegensatz zu der bis dahin üblichen deskriptiven. Seiner Meinung nach müßten alle Tiere genau hinsichtlich ihrer wichtigsten Organe, des Knochenbaues, Herzens, Gehirnes, der Atmungs-, Verdauungs-, Exkretions- und Geschlechtsorgane, untersucht und die gefundenen Resultate verglichen werden. Nach diesem Grundsatz berichtet er über die Anatomie eines jeden Säugetieres, besonders über den Knochenbau. Das Skelett des Pferdes wird in allen Einzelheiten mit dem des Menschen verglichen und ebenso die Knochen anderer Tierarten untereinander. Eine solche nach einem einheitlichen Plane durchgeführte, vergleichende Untersuchung der Anatomie verschiedener Tiere war in jener Zeit neu und ist für die Zukunft von großer Bedeutung geworden, wie die allen bekannte Rolle der vergleichenden Anatomie in der heutigen Biologie zeigt.

Buffon hat also seinen Plan durchgeführt und die unbelebte und lebende Natur als ein Ganzes, entwickelt und zusammengehalten von rein mechanischen Gesetzen, dargestellt. Ganz folgerichtig ist er aber darin doch nicht vorgegangen. In einer eigentümlichen Abhandlung, benannt „Homo duplex", schildert er den Menschen als aus zwei in Grund und Wesen voneinander verschiedenen Prinzipien zusammengesetzt einem geistigen und einem materiellen, von denen das materielle sich zuerst entwickelt und im Keimleben und Kindesalter regiert, während das geistige später hervortritt und durch Erziehung und Unterricht entwickelt wird, ohne die es in Dummheit und Phantastereien verkümmert. Diese dualistische Auffassung vom Menschen könnte scheinbar den damals herrschenden, offiziell zurecht bestehenden Grundsätzen völlig entsprechen, und man könnte denken, Buffon habe hier den ihn verfolgenden kirchlichen Behörden eine Konzession gemacht, wenn nicht die ganze Darstellungsweise so grundverschieden wäre von allem, was konventionelle Religiosität heißt. Statt dessen tritt hier bei Buffon ein Zug hervor, den man bei diesem glänzenden und erfolgreichem Manne nicht erwartet hätte, nämlich ein tiefer Pessimismus. Der Gegensatz zwischen Geistigem und Materiellem tritt nach seiner Ansicht am ehesten bei Anfällen von Schwermut und Verzagtheit hervor, wenn man nichts zu beschließen wagt und wenn man „tut, was man nicht will und will, was man nicht tut", wenn man empfindet, als ob die Persönlichkeit gleichsam in zwei geteilt wäre, von denen die eine, die vernünftige, die andere anklagt, ohne ihren Widerstand besiegen zu können. Bisweilen siege die Vernunft, und man tue seine Pflicht mit Freuden, bisweilen siege das Körperliche und man ergebe sich dem Genusse; dann aber kämen wieder jene unglücklichen Stunden und Tage, wo die Spaltung herrsche. Besonders ergreifend schildert Buffon, wie die Liebe die die Tiere beglücke, bloß den Menschen

unglücklich mache. In Worten leidenschaftlicher Verzweiflung, schildert er das Eitle und unvernünftige dieser Leidenschaft, die freilich körperliche Befriedigung schaffe, aber moralisch wertlos sei und bloß Eifersucht und andere niedrige Gefühle hervorrufe. Diese schwermütige Lebens auffassung war übrigens keineswegs allein eine Eigentümlichkeit von Buffon, sondern sie war zu seiner Zeit allgemein verbreitet.

Buffons Rolle in der Geschichte der Biologie war grundlegend, nicht durch seine Entdeckungen, sondern durch die von ihm angeregten Ideen, welche er selbst nur unvollkommen im einzelnen hat ausführen können, die aber von anderen aufgegriffen wurden, welche im Besitze größeren Tatsachenmaterials dieselben in großem Umfange verwerten konnten. So hat Cuvier, der Begründer der vergleichenden Anatomie und Paläontologie viele von Buffons Grundideen übernommen, ebenso seinerseits Bichat, der Begründer der Gewebelehre, und auch Lamarcks Theorien über die Entwicklung der lebenden Organismen sind nachweislich durch Buffons Spekulationen auf diesem Gebiete beeinflußt worden. Durch diese Forscher sind viele von Buffon angeregte Ideen Gemeingut der Naturwissenschaften geworden. Wenn er ungeachtet dessen oft und besonders außerhalb Frankreichs dargestellt wird als ein talentvoller Dilettant, ein geistreicher populärwissenschaftlicher Schriftsteller, so beruht das in erster Linie auf dem Verhältnis zwischen ihm und den Vertretern der Linnéschen Systematik zur Zeit seines Lebens und noch lange nachher, denn diese, welche sich lange für die einzigen Verkünder wirklich exakter Naturwissenschaft ansahen, schauten voll Mitleid herab auf Buffons systemlose Beschreibungen und seine phantasiereichen Spekulationen. Als dann die Herrschaft des Linnéanismus gestürtzt wurde, verfügten die vergleichenden und spekulativen Forschungsrichtungen, die sein Erbe antraten, schon über ein ganz anderes Material an Kenntnissen, und Buffons Theorien mußten nunmehr einen unklaren und kindlichen Eindruck machen. Die Gerechtigkeit verlangt aber, daß wir seine Verdienste anerkennen, denn er war zweifellos auf dem rein theoretischen Gebiete der hervorragendste unter den Biologen des 18. Jahrhunderts, der an Gedanken der reichste war, und dessen fruchtbare Ideen noch in weiter Zukunft von Einfluß waren.

Kapitel XXIII.

Die Erforschung der Wirbellosen im 18. Jahrhundert.

Das 18. Jahrhundert zeigt eine lebhafte Betätigung auf dem Gebiete der Naturwissenschaften. In der Physik und Chemie arbeiteten Newtons und Stahls Nachfolger an der Erweiterung der Gebiete, zu denen ihre

Meister die Wege geöffnet hatten. In der Biologie herrschten Linné und seine Schüler und hatten vollauf zu tun mit der Einfügung bekannter Arten in ihr System und der Entdeckung neuer. Buffons Tätigkeit gehörte, wie gesagt, mehr der Zukunft. Daneben arbeiteten im 18. Jahrhundert eine Menge Forscher, deren Lebenswerk mehr oder weniger die Fortsetzung der Arbeit der großen Biologen des vorhergehenden Jahrhunderts war. Verglichen mit diesen bahnbrechenden Anatomen, Mikroskopikern und Physiologen sind ihre Nachfolger im 18. Jahrhundert gewissermaßen epigonenhaft. So tief eingreifende Entdeckungen, wie ein Harvey und ein Malpighi, machen sie nicht, aber sie verwerten die Entdeckungen jener auf mannigfache Weise. Schon früher aktuelle Probleme werden aus verschiedenen Gesichtspunkten erörtert und es kommen auf mehr als einem Gebiete Ideen zum Vorschein, die Vorboten künftiger Entwicklung sind. Malpighis und Swammerdams Untersuchungen über die Anatomie der niederen Tiere wurden fortgeführt und ebenso die physiologischen Arbeiten von Borelli und seinen Nachfolgern. Leeuwenhoeks und de Graafs Entdeckungen auf dem Gebiete der Fortpflanzung wurden weiter ausgearbeitet und die Diskussionen zwischen Animalkulisten und Ovisten nahmen besonders in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts ihren Fortgang mit unverminderter Lebhaftigkeit. Auch die Theorien über Epigenese und Präfomation wurden eifrig erörtert, wenn auch im Anfang vorherrschend zugunsten der Anhänger der Präformationslehre. Erst im späteren Verlauf des Jahrhunderts wurde in den Fragen der Entwicklungsgeschichte durch neue Beiträge ein Umschwung verursacht. Auch bezüglich anderer Gebiete der Biologie bildet die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts eine Zeit entscheidender Vorbereitung für die Entwicklung, die im 19. Jahrhundert erfolgte. — Im folgenden werden wir zunächst einige wichtigere Beiträge auf dem Gebiete der Biologie der niederen Tiere ins Auge fassen und danach zu den Forschritten in der Anatomie, Physiologie und Entwicklungsgeschichte übergehen.

René Antoine Ferchault de Réaumur wurde im Jahre 1683 als Sohn wohlhabender, adliger Eltern geboren. Seine Erziehung erhielt er in einer Jesuitenschule und studierte hernach Jura in Paris, gab aber bald dieses Fach auf, um sich ungestört den Naturwissenschaften widmen zu können. Ererbtes Vermögen machte es ihm möglich, als Privatgelehrter zu leben, und die Mitgliedschaft der französischen Akademie der Wissenschaft war seine einzige Auszeichnung. Er starb im Jahre 1757.

Réaumur hat sich in verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaften betätigt, sowohl der theoretischen als auch der angewandten. Er erfand verbesserte Methoden zur Veredelung des Eisens, lieferte wichtige Beiträge zur Kenntnis der Ausdehnung von Gasen und Flüssigkeiten, wurde aber am meisten bekannt durch die von ihm erfundene 80gradige Thermo-

meterskala, welche noch in mehreren Ländern im Gebrauch ist. Seine größte und auch berühmteste Arbeit sind jedoch seine „Mémoires pour servir á l'histoire des insectes". Diese in sechs großen Quartbänden erschienene Arbeit ist von grundlegender Bedeutung für die Insektenbiologie und eines der fundamentalsten Werke auf diesem Forschungsgebiete überhaupt. Sie enthält eine Menge besonders wichtiger Beiträge zur Kenntnis vom anatomischen Bau, von der Entwicklungsgeschichte und den Lebensverhältnissen der Insekten. Sein Lehrmeister ist in erster Linie Swammerdam, dessen System er im allgemeinen anwendet, dessen Forschungsgebiet er aber bedeutend erweitert. Zwar besaß er nicht Swammerdams unübertreffliche Geschicklichkeit im Präparieren, aber er verfügte dafür über reichliche Mittel, und sein langes Leben gab ihm Gelegenheit, lange und mühsame Reihen von Beobachtungen und Versuchen über die Lebensgewohnheiten der Insekten anzustellen. Das Staatsleben der sozialen Insekten, namentlich der Bienen, die Entwicklung der Schlupfwespen, die Tätigkeit der blattminierenden und gallenbildenden Insekten können unter den Gebieten genannt werden, die Réaumur in seinem großen Werke bearbeitet und wo er hervorragende Beiträge geliefert hat. Außerdem enthält sein Werk eine Fülle wertvoller Einzelbeschreibungen von Larven- und Imagoformen, kurz gesagt, aus allen Insektengruppen. Aber auch auf anderen Gebieten als der Insektenkunde hat er die Biologie mit bedeutenden Entdeckungen bereichert. Er hat unter anderem festgestellt, daß die Schale der Mollusken durch einen Exkretionsprozeß entsteht, und im Anschluß hieran die Perlenbildung bei den Muscheln studiert; ferner untersuchte er die Bewegungen bei einer Menge primitiver Tierformen, die elektrischen Phänomene bei den Rochen, beobachtete die Regeneration von Extremitäten und anderen Körperteilen bei Krebsen und stellte im Anschluß an diese Erscheinung eine Theorie auf, die an Buffons Hypothese von der Zusammensetzung des Körpers aus organisierten Teilchen erinnert. Schließlich hat er noch mehrere interessante Experimente über die Verdauung, namentlich über die Wirkung des Magensaftes, ausgeführt, den er sich in der Weise verschaffte, daß er ein Huhn ein Stück Schwamm verschlucken ließ, das an einen Faden gebunden war, an dem er den mit Magensaft durchtränkten Schwamm wieder hervorzog. Den Magensaft ließ er alsdann auf verschiedene Nahrungsmittel einwirken. Bei seinen Zeitgenossen stand er mit Recht in hohem Ansehen. Linné zitiert ihn oft mit großer Anerkennung, und er hatte mehrere Schüler, unter denen namentlich De Geer unmittelbar seine Arbeiten fortsetzte.

Karl de Geer, (1720—1778) ein reicher schwedischer Gutsbesitzer, begann sich schon früh mit Entomologie zu beschäftigen. Auf diesem Gebiete setzte er die von Réaumur begonnenen Untersuchungen fort

und gab eine Fortsetzung von dessen großem Werk unter demselben Titel heraus. Von diesem Werk, das sich in jeder Hinsicht würdig an das von Réaumur anschließt, sind sieben Bände erschienen mit Beobachtungen über die Systematik, die Lebensgewohnheiten und die Ent wicklungsgeschichte der Insekten. Obgleich er Zeitgenosse von Linné war, übernahm er dessen Nomenklatur nicht, sondern blieb bei der alten Methode der Charakterisierung der Arten durch Diagnosen. Im übrigen war er ein scharfer Beobachter, der auf mehr als einem Gebiete große Beiträge von bleibendem Wert geliefert hat, und zwar besonders im Hinblick auf die niederen, bis dahin übersehenen Insektenformen.

Unter den Forschern, die zu jener Zeit wertvolle Beiträge zur Kenntnis der niederen Tiere lieferten, muß auch Abraham Trembley (1700 bis 1784) genannt werden. Er war in Genf geboren, studierte anfangs dort, dann in Holland und England, war eine zeitlang Privatlehrer in einer vornehmen Familie und zum Schluß Bibliothekar in seiner Vaterstadt. Sein Ruf als Biologe gründete sich auf seine große Monographie der Süßwasserpolypen. In dieser Arbeit beschreibt er sorgfältig eine größere Anzahl von „Polypenformen" — Hydra und Plumatella zählt er zur selben Gattung — und studiert genau ihre Lebensweise, besonders ihre Bewegung und Ernährung. Er ist eigentlich der, welcher ihre Zugehörigkeit zum Tierreich klar erkannt, ihre natürliche Fortpflanzung beobachtet und vor allen Dingen systematisch und umfassend Experimente über ihr Regenerationsvermögen angestellt hat. Hierdurch eröffnete er der Forschung ein neues Gebiet, das besonders in unseren Tagen reiche Ausbeute gibt.

August Roesel von Rosenhof (1705—1759) war in Thüringen geboren, lebte aber meist in Nürberg, zuerst als Maler, später als Naturforscher. Unter dem bezeichnenden Titel „Monatliche Insektenbelustigungen" gab er in den fünfziger Jahren des 18. Jahrhunderts eine Reihe von Beobachtungen über das Leben der niederen Tiere heraus, die von ihm selbst mit schönen Stichen illustriert waren. Eine Menge guter Einzelbeobachtungen über die Lebensgewohnheiten und die Entwicklung der Insekten finden sich in seinen Schriften, von besonderem Wert aber sind seine mit großer Gewissenhaftigkeit ausgeführten Beobachtungen über die Entwicklungsgeschichte des Frosches von der Paarung und Eiablage durch alle Larvenstadien hindurch, durch die er der Nachwelt einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis dieses in der Experimentalphysiologie unserer Zeit bekanntlich so viel verwendeten Tieres hinterlassen hat.

Pierre Lyonet (1707—1789) war auch zu seiner Zeit ein hoch angesehener Biologe. Geboren im Haag als Sohn französischer Eltern erhielt er eine sehr vielseitige Bildung. Er war ein hervorragender Sprachenkenner und eine zeitlang als Diplomat tätig. Als Biologe interessierte

er sich besonders für Insektenanatomie im Sinne von Swammerdam. Seine Monographie der Larve von Cossus ligniperda, des Weidenspinners, deren Anatomie er mit außerordentlicher Gewissenhaftigkeit und großem Scharfblick studiert und abgebildet hat, ist geradezu bewundernswert und auch heute noch unübertroffen.

Kapitel XXIV.

Experimentelle und spekulative Biologie im 18. Jahrhundert.

Neben diesen von ihren Zeitgenossen sehr geschätzten und heute noch lesenswerten Verfassern von Monographien erscheinen im 18. Jahrhundert zahlreiche Forscher, deren Arbeiten sowohl hinsichtlich des Materials als auch der von ihnen behandelten Fragen größere Gebiete umfassen. Besonders die experimentelle Biologie und die mit ihr zusammenhängenden Fragen wurden in dieser Zeit von Gelehrten, die zu ihrer Zeit und bei der Nachwelt Aufsehen erregten, in recht bedeutendem Maße gefördert. In erster Linie muß unter ihnen Haller genannt werden, ein Großer unter den Gelehrten aller Zeiten, bekannt als Botaniker, Anatom, Physiologe, Staatsmann und Dichter.

Albrecht von Haller wurde im Jahre 1707 zu Bern in der Schweiz geboren. Sein Vater war ein reicher und angesehener Jurist, der seinem Sohn eine gelehrte Erziehung zuteil werden ließ. Er wurde zu Hause unterrichtet, ohne eine Schule zu besuchen, studierte ferner auf der Universität Tübingen und zum Schluß in Leiden unter der Leitung von Boerhaave. Der junge Albrecht war ein Wunderkind, das im Alter von 10 Jahren das Griechische und Hebräische beherrschte und mit 19 Jahren Doktor der Medizin war. Mit 15 Jahren hatte er ein Epos und einige Tragödien geschrieben. Daß ein so begabter Jüngling mit der Zeit etwas Außerordentliches werden müßte, erschien selbstverständlich, jedoch kam es hier, wie so oft, daß die wirklich erreichten Erfolge in keinem Fall dem voll entsprachen, was er sich geträumt hatte. — Nach Erlangung des gelehrten Grades studierte Haller noch eine zeitlang in Paris, ließ sich darauf als praktischer Arzt in Bern nieder, wurde bald als Dichter und Botaniker allgemein bekannt und 1736 als Professor der Medizin an die neu gegründete Universität Göttingen berufen. Hier entfaltete er eine großartige Wirksamkeit. Er richtete einen botanischen Garten und ein Anatomikum ein, gründete eine noch jetzt bestehende, sehr angesehene wissenschaftliche Vereinigung und hatte dabei noch Zeit zu einer außerordentlich vielseitigen wissenschaftlichen Schriftstellerei. Befriedigung fand er aber nicht. Ihn plagten Schwermut und Heimweh, und schließlich ließ er ganz einfach seine Professur im Stich

und reiste im Jahre 1753 nach Bern. Hier wählte man ihn in den Großen Rat der Stadt, und er wurde nun bekannt als ein hervorragender Beamter, der wegen seines europäischen Rufes als diplomatischer Vertreter Verwendung fand und auch diesem Berufe mit Ehren gerecht wurde. Unterdessen setzte er seine wissenschaftliche Schriftstellerei fort, und seine Produktivität ist geradezu staunenerregend. Das Verzeichnis seiner Schriften umfaßt 650 Nummern, darunter viele Arbeiten von gewaltigem Umfang. Und dem Fleiß entsprach der Erfolg in Gestalt einer reichlichen Menge Auszeichnungen aus dem In- und Auslande. Unterdessen aber nahm die Schwermut, die ihn von Jugend auf verfolgt hatte, zu. Er fand kein Genüge an den erreichten Resultaten, und ihm gefielen nicht die neuen Ideen, welche sich mehr und mehr verbreiteten. Besonders die Freidenkerei machte ihm Sorgen und veranlaßte eine Anzahl religiöser Agitationsschriften von seiner Hand. Selbst fand er trotz seines festen Christenglaubens keinen Frieden in seinem Inneren, sondern grübelte nach über das, was er im Leben getan. Besonders sollen angeblich die Vivisektionen, die er ausgeführt hatte, und die stets sein empfindsames Gemüt geplagt hatten, ihm zum Schluß ganz verwerflich vorgekommen sein. Nach einigen Jahren des Siechtums starb er im Jahre 1777.

In seiner Jugend beschäftigte sich Haller hauptsächlich mit Botanik und Dichtung. Seine Dichtungen sollen hier natürlich nicht beurteilt werden, und es mag nur erwähnt sein, daß er für den Entdecker der poetischen Schönheit der Alpenwelt gehalten wird. Im übrigen dürften seine Gedichte heute bloß noch von Literaturhistorikern gelesen werden. Als Botaniker tritt Haller bewußt als Nebenbuhler von Linné auf. Gegenüber Linnés künstlichem System versuchte er ein natürliches, hauptsächlich auf der Beschaffenheit der Frucht beruhendes aufzustellen, drang aber damit nicht durch. Linnés Untersuchungen über das natürliche System zeigten ja deutlich, daß die Zeit für ein solches noch nicht reif war, während das Sexualsystem völlig den damaligen Anforderungen genügte. Haller war durch seine Niederlage erbittert, und wenn auch seine Kritik des glücklicheren Kollegen teilweise berechtigt war, so merkt man ihm doch die Enttäuschung an[1]). In der Tat waren die beiden Konkurrenten nicht zu vergleichen. Gegenüber Hallers großartiger aber zersplitterter Vielseitigkeit steht Linnés harmonische Begrenztheit. Haller erreichte in keinem Punkt das allerhöchste Ziel, Linné hatte bloß ein einziges Gebiet, in dem er aber Meister war.

---

1) Seine bittersten Angriffe gegen Linné veröffentlichte Haller merkwürdigerweise in der Form von Disputationen (Dubia ex Linnaei fundamentis hausta, Göttingen 1751—1753), die vorgeblich von seinem Sohne, einem jungen Studenten der Medizin verfaßt waren.

Der Zweig der Biologie, wo Haller seine größten Erfolge hatte, war zweifellos die Physiologie. Hier entwickelte er die Methodik, stellte neue Tatsachen fest, lieferte wertvolle Beiträge rein theoretischer Art und faßte schließlich in einer übersichtlichen und für alle Zeiten mustergültigen Weise die bis dahin gewonnenen Ergebnisse zusammen. Seine Schriften auf diesem Gebiete bestehen teils aus einer Menge Mitteilungen in Zeitschriften, in denen er die Ergebnisse seiner unmittelbaren Beobachtungen zu veröffentlichen pflegte, teils in einem großen Sammelwerk über Physiologie und schließlich in einem kleineren, besonders übersichtlichen Handbuch der Physiologie, das bis in das 19. Jahrhundert beim Unterricht gebraucht wurde. In der Einleitung zur letztgenannten Arbeit definiert er die Physiologie als „animata anatome", eine belebte Anatomie, und es sind in der Tat die Lebenserscheinungen, welche er in seinen Spezialuntersuchungen klarlegen will. Am bemerkenswertesten unter diesen ist ohne Zweifel seine Abhandlung über reizbare und sensible Teile des Körpers, die er im Jahre 1753 gleichzeitig in mehreren Sprachen veröffentlichte. Er stellt bei seiner Untersuchung zu Anfang fest, daß die Organe des Körpers teils reizbar, teils nicht reizbar sind. Warum das so sei, könne die Wissenschaft nicht erklären, sondern nur die Tatsache feststellen. Reizbar (irritabilis) nennt er einen solchen Teil des Körpers, der sich bei Berührung verkürzt, empfindend (sensibilis) einen solchen, dessen Berührung eine Vorstellung in der Seele hervorruft. Welche Organe zur einen oder anderen Kategorie gehören, sei eine Frage, die man nur durch das Experiment beantworten könne, aber die Ausführung solcher Experimente findet Haller in hohem Grade empörend, kann sie jedoch in diesem Fall zur Erforschung der Wahrheit nicht entbehren. Demnach hat er festgestellt, daß von den beiden Schichten der Haut die Oberhaut unempfindlich, die Lederhaut empfindlich und daß das Fettgewebe auch unempfindlich ist. Die Empfindlichkeit der Muskeln beruhe nicht auf ihrer eigenen Substanz, sondern auf den Nerven, mit denen jene in Verbindung stehen, während die Sehnen unempfindlich seien, weil sie nicht mit Nerven in Verbindung stehen. Knochen und Knochenhaut seien unempfindlich, ebenso auch die Hirnhaut, das Bauchfell und die Adern. Die Gedärme seien empfindlich, nicht aber Leber, Milz und Niere. Die Reizbarkeit komme bei den Muskeln vor, werde aber durch das Nervensystem hervorgerufen; so z. B. könne man durch Reizung eines durchschnittenen Nerven das Zwerchfell sich zusammenziehen lassen. Aus diesem Grunde habe die Reizbarkeit nichts mit der Seele zu schaffen, denn diese sei unteilbar. Darauf wird eine Anzahl reizbarer Organe aufgezählt, Adern, Därme, Geschlechtsorgane, und dann wird die Frage erörtert, was die Reizbarkeit hervorrufe. Die Muskeln seien aus Leim und Erde zusammengesetzt, und frage man, welcher von beiden Bestandteilen

reizbar wäre, so müsse die Antwort lauten — der Leim. Zum Schluß wird die Frage von den vitalen Organen erörtert, die den unbewußten Lebensäußerungen dienen, und von den voluntären, die dem Willen unterworfen sind.

Die oben erwähnte Untersuchung muß ohne Zweifel angesehen werden als eine, welche die Biologie in neue Bahnen gelenkt hat. Der Plan und die Methodik der Arbeit und die aus ihr gezogenen Schlüsse sind jedes für sich von grundlegender Bedeutung. Die Irritabilität und die Sensibilität sind Tatsachen, die heute noch Geltung haben[1]), und auch die experimentelle Methode, die zu ihrer Feststellung führte, ist heute noch im Gebrauch. Einzelne tatsächliche Irrtümer, wie Unempfindlichkeit des Bauchfelles und die Empfindlichkeit des Darmes, kommen ja vor, und auch die theoretische Behandlung der Frage mußte darunter leiden, daß es Haller nicht gelang, den Begriff des Gewebes aufzustellen, denn Muskeln, Därme und andere Eingeweide werden von ihm als Organe derselben Kategorie angeführt. Die chemische Grundlage seiner Muskeltheorie, nämlich ihre Zusammensetzung aus Leim und Erde, ist außerdem äußerst primitiv. Aber trotz alledem erwarb sich Haller besonders durch diese Untersuchungen einen glänzenden Namen in der Geschichte der Wissenschaft.

Durch die von ihm ausgeführten Sammelwerke hat Haller seine Verdienste um die Entwicklung der Biologie noch vermehrt. In beiden oben angeführten Werken über allgemeine Physiologie hat er alle zu seiner Zeit bekannten physiologischen Tatsachen in übersichtlicher und leicht zugänglicher Form zusammengestellt. Er geht dabei von den einfachsten Bestandteilen des Körpers aus, die in feste und flüssige eingeteilt werden. Die einfachsten Elemente der festen Bestandteile sind nach seiner Ansicht Fasern, deren Zusammensetzung aus Leim und Erde bereits erwähnt wurde. Mit dem Worte Zellengewebe, das oft vorkommt, meint er das, was die heutige Histologie Fettgewebe nennt. Als wichtigsten Teil des Organismus sieht Haller das Blutgefäßsystem an, das das verbindende Element in seiner ganzen physiologischen Theorie bildet. Bei der Darstellung eines Organes geht er stets von den Blutgefäßen aus, denn je mehr Blutgefäße ein Organ habe, desto bedeutungsvoller sei es. So sagt er von der Thyreoidea, daß, obgleich man ihre Funktion nicht kenne, diese doch bedeutungsvoll sein müsse, weil das Organ so reichlich mit Blutgefäßen versehen sei. Aus dem Blute entständen alle Körperflüssigkeiten auf ganz direktem Wege. Er will z. B. direkte Verbindungen

---

1) Die charakteristische Eigenschaft des Muskels wird heute nicht mehr Irritabilität, sondern Kontraktilität genannt. Hallers Irritabilitätstheorie wurde später ohne Unterschied auf verschiedene Organe des Körpers angewandt und verursachte dadurch viel Unklarheit.

zwischen den Arterien und den Speichelgängen der Speicheldrüsen gefunden haben und läßt auch die Lymphe aus den Arterien stammen. Der Zweck der Atmung sei, dem Blute Wärme zuzuführen. Für den Bau des Gehirnes hat sich Haller lebhaft interessiert, aber die von ihm erreichten Resultate können nicht mit denen verglichen werden, die Swedenborg auf rein spekulativem Wege fand. Über die Hirnrinde hat Haller unklare Vorstellungen; das Mark sei der wichtigste Teil des Gehirnes und die Nerven seien von einem Fluidum erfüllt, das die Sinneseindrücke weiterleite. Hinsichtlich vieler biologischer Streitfragen seiner Zeit versucht Haller in gewissem Grade neutral zu bleiben, so z. B. im Streit zwischen den Ovisten und Animalkulisten, obgleich er im ganzen mehr für die letzteren stimmt, wenn er annimmt, daß die Spermien, „Vermiculi seminales", wie er sie nennt, die Menschen entstehen lassen, wie eine Larve die Fliege. Andererseits schildert er den Follikel oder das Ei, wie er diese Bildung gleich seinen Zeitgenossen nennt, als an der Bildung des Keimes beteiligt. In der Frage hinsichtlich der Präformation und der Epigenese stellt er sich auf die Seite der ersteren. Überhaupt erwähnt er gewissenhaft auch solche Ansichten, die er nicht billigt, und beweist in diesen Arbeiten sowohl eine achtungswerte Unparteilichkeit als auch universale Literaturkenntnisse. Die letztgenannte Eigenschaft ist ihm besonders in seinen bibliographischen Werken, „Bibliotheca anatomica", „botanica" und „chirurgica" zu statten gekommen, in denen er Angaben über die bis dahin erschienene Literatur bezüglich der erwähnten Wissensgebiete zusammenstellt. Diese „Bibliothecae" sind noch heute für den Literaturforscher von Bedeutung, zeichnen sich aber neben großer Vollständigkeit leider auch durch massenhafte Druckfehler aus, die ihre Benutzung erschweren.

Haller ist sehr verschieden beurteilt worden. Einerseits hat Welt und Nachwelt ihn gepriesen als den ersten Anatomen und Physiologen seines Jahrhunderts, als den Schöpfer der modernen Experimentalphysiologie, während, wie das so oft mit sehr vielseitigen Forschern geschieht, Spezialisten ihn mangelnder Zuverlässigkeit in den Einzelheiten beschuldigen. Seine großen Verdienste, besonders um die Entwicklung der Physiologie, können jedoch mit Recht nie bestritten werden, denn seine Experimentalmethode und ihre Resultate waren ohne Zweifel von bahnbrechender Bedeutung. Bezüglich seiner allgemeinen Anschauungen nahm Haller in gewisser Hinsicht einen altertümlichen Standpunkt ein, wie er ja auch in etlichen seiner Werke die bis dahin erreichten Resultate zusammenfaßt. Dieses erklärt gewissermaßen den Umstand, warum gerade die nächste Generation mit ihm unzufrieden war. So höhnt Goethe ihn wegen seiner allerdings mit den naturphilosophischen Spekulationen wenig übereinstimmenden Ansichten über die Begrenzung der Natur-

wissenschaft, und mit einem gleichalterigen Forscher, der von einem anderen Standpunkt aus und mit ganz anderen persönlichen Voraussetzungen zu einer vollkommen entgegengesetzten wissenschaftlichen Grundauffassung gelangte, kam Haller in erster Linie auf einen gespannten Fuß, nämlich mit La Mettrie.

Julien Offroy de La Mettrie war im Jahre 1709 in St. Malo in der Bretagne geboren. Sein Vater war ein wohlhabender Kaufmann, der seinen Sohn zum Priester ausbilden ließ. Dieser studierte in Paris Theologie und schloß sich der jansenistischen Richtung an, einer durch ihre strenge sittliche und religiöse Auffassung bekannten, aber von der Regierung scheel angesehenen und verfolgten Bewegung innerhalb der französischen Kirche. Ein Arzt in seiner Vaterstadt weckte in dem jungen Theologen das Interesse für Medizin, und dieser begann mit dem Studium der Heilkunde in Paris und setzte es in Leiden unter Boerhaave fort. Nach erledigtem Examen praktizierte er eine zeitlang in seiner Vaterstadt, wurde dann Arzt an einem Garderegiment in Paris und stand nun vor einer glänzenden Laufbahn, zumal er durch glückliche Kuren, Geist und gesellige Talente bekannt geworden war. Aber diese Hoffnungen nahmen ein jähes Ende. Er hatte seine wissenschaftliche Schriftstellerei damit begonnen, daß er einige von den hervorragendsten Arbeiten seines Lehrers Boerhaave ins Französische übersetzte. Solches weckte den Argwohn der hochkonservativen medizinischen Fakultät in Paris, die konsequent den Lehren Boerhaaves, ebenso wie seiner Zeit den von Vesalius und Harvey, entgegenarbeitete. La Mettrie vermehrte diese Verstimmung noch durch Herausgabe einiger satirischer Schriften gegen seine Widersacher. Schließlich fanden diese Gelegenheit, ihm etwas anzuhaben. Er hatte in einer Arbeit „L'histoire naturelle de l'âme" Ansichten ausgesprochen, die als gegen das Christentum gerichtet aufgefaßt wurden. Die Theologen schritten ein und La Mettrie reiste auf den Rat seiner Freunde nach Holland, um dort das Unwetter abzuwarten. In Leiden druckte er indessen eine neue Schrift, die seine Lage noch verschlimmerte, die berühmte Abhandlung „L'homme machine", die zwar anonym erschien, aber sogleich erkannt wurde. Der Inhalt war ein derartiger, daß der Verfasser nicht einmal in Holland auf Schonung rechnen konnte. Er mußte sich Hals über Kopf auf die Flucht begeben und eine zeitlang sich verborgen halten. Sein Schicksal wäre zu beklagen gewesen, wenn nicht Europa einen Herrscher aufzuweisen gehabt hätte, der, gleichgültig in religiösen Fragen, ein Freund von geistreichem Umgang war, nämlich Friedrich II. von Preußen. La Mettrie wurde nach Berlin berufen, als Vorleser beim König angestellt und erhielt die Möglichkeit, als praktischer Arzt zu wirken. Nur 3 Jahre konnte er diese Vorzüge genießen, denn er starb 1751 infolge eines Unglücksfalles. Er hatte sich

stets seiner Fähigkeit gerühmt, die Freuden des Lebens qualitativ und quantitativ zu genießen, und an einer Festtafel erkrankte er, nachdem er enorme Mengen Trüffelpastete zu sich genommen, und starb unter schweren Leiden. Wahrscheinlich enthielt die Pastete Fäulnisgift. Dieses Ende trug noch mehr dazu bei, den schlimmen Ruf zu befestigen, in den er durch seine Schriften geraten war[1]). Sein Name war in der Tat einer von den berüchtigtsten des ganzen 18. Jahrhunderts. Er hat jedoch in vielen Fällen solchen Ideen den Weg gebahnt, die von der biologischen Forschung unserer Tage übernommen wurden, und daher ist es hier am Platz, von seinen Ansichten Kenntnis zu nehmen.

In seinen Schriften tritt La Mettrie als ausgesprochener Oppositionsmann auf, den das Niederreißen am meisten freut und der am liebsten seine Kräfte an Dingen erprobt, die den Zeitgenossen als die unerschütterlichsten Säulen des Wissens, der gesellschaftlichen Ordnung und der guten Sitte gelten. Seine Polemik ist abwechselnd brutal offen und listig heimtückisch, immer aber tastet er die bestehenden Ideale in Wissenschaft und Sitte an und macht gern schwarz aus weiß und weiß aus schwarz. Seine Wahrheitsliebe reicht gerade so weit, als seinem augenblicklichen Zweck dienlich, aber einen unerschütterlichen Mut muß man ihm lassen und seinen überzeugten Glauben an die Sache, der er sich annimmt. Was er in seinen Schriften anstrebt, ist eine allgemeine, ganz und gar nur auf „philosophische" Prinzipien gegründete Weltanschauung, d. h. auf naturwissenschaftliche, denn Philosophie und Naturwissenschaft sind für ihn identisch. Im Gegensatz zu den Geboten der Theologie, der Staatslehre und der aus ihnen abgeleiteten Moral will er ein anderes Rechts- und Tugendideal schaffen, das auf „natürlichen" Grundsätzen ruhe und dem entgegengesetzt sei, was von Priestern und den von ihnen abhängigen „Philosophen", gestützt auf alte Autoritäten, für Erklärung des Lebens und der Natur ausgegeben werde. Er dagegen wolle eine neue Auffassung auf unmittelbarer Beobachtung der Lebenserscheinungen aufbauen. Demnach ist er der erste Verkünder einer rein naturwissenschaftlichen Lebensanschauung und darin Vorgänger einer Menge ähnlicher Bestrebungen in unserer Zeit. Darin besteht auch seine größte Originalität, denn im einzelnen gibt er auf den meisten Gebieten nur Beobachtungen wieder, die von anderen gemacht wurden, und seine Schriften sind kaum im engeren Sinne wissenschaftlich zu nennen. Sie sind Agitationsschriften und mehr bestimmt zu überreden als zu beweisen. Unter ihnen haben

1) In älterer Zeit galt es als ein hochkirchlicher Glaubenssatz, daß ohne kirchlichen Segen niemand in Frieden sterben könne. Luther habe sich (nach katholischer Angabe) erhängt, Spinoza sei im Opiumrausch und Voltaire in einem Wahnsinnsanfall gestorben. Für solche Propaganda war La Mettries historisch beglaubigte Todesart ein willkommener Fund.

die beiden oben angeführten die größte Berühmtheit erlangt, während von seinen übrigen Publikationen eigentlich nur eine mit dem Titel „Système d'Epicure" von größerem Interesse ist[1]). Sein Werk über die Naturgeschichte der Seele, geschrieben noch bevor er mit seinem Vaterlande gebrochen hatte, ist noch in ziemlich vorsichtigem Tone gehalten und wahrt daher mehr die wissenschaftliche Form. „L'homme machine" dagegen ist eine reine Agitationsschrift und „Système d'Epicure" eine Sammlung aphoristischer Beiträge zu einer allgemeinen Naturkunde. Die Auffassung von den Funktionen des menschlichen Körpers, auf der La Mettrie seine Spekulationen aufbaut, ist keineswegs neu. Es ist die von Descartes begründete und von Borelli, Perrault, Hoffmann und Boerhaave weiter entwickelte mechanistische Theorie der Körperfunktionen. Zu den Beobachtungen dieser hat La Mettrie wenig hinzuzufügen. Sein wertvollster Beitrag ist eine Hervorhebung der Unabhängigkeit der Lebensfunktionen in verschiedenen Körperteilen, bewiesen durch Beobachtungen von Lebensäußerungen abgetrennter Körperteile auch bei den höchsten Tierformen. Auch seine Theorie der Befruchtung verdient genannt zu werden. Er meint, daß ein einziges „Spermatierchen" in jedes Ei eindringe und sich dort zu einem neuen Individuum ausbilde. Er gehört also zu den Animalkulisten. Aber nicht das Leben des Körpers ist es, was ihn am meisten interessiert, sondern die Seelenfunktionen, über die La Mettrie hauptsächlich geschrieben hat. Über die Seele steht seine Ansicht fest, daß sie gar nicht existiere oder wenigstens nicht in der Gestalt, wie sie Theologen und ihresgleichen haben wollen. Eigentlich ist La Mettrie gar nicht so sicher in seiner Ansicht darüber, was die Seele ist; manchmal meint er ausdrücklich, daß ihr Wesen immer unerkannt bleiben müßte, aber was sie nicht ist, das ist ihm dagegen ganz klar, nämlich ein unsterbliches, vom Körper verschiedenes Wesen, wofür sie offiziell erklärt werde, sei sie nicht. Während eines Fiebers hatte La Mettrie beobachtet, wie die Seelenfähigkeiten bei ihm selbst durch den Krankheitsverlauf beeinflußt wurden, und dasselbe hatte er auch als Arzt bei vielen von seinen Patienten gesehen. Dadurch daß er die Einwirkung der Körperfunktionen auf das Seelenleben zum Gegenstande seiner Beobachtungen und Experimente machte, entdeckte La Mettrie ein Forschungsgebiet, das in unseren Tagen Psychophysik genannt und mit reichem Erfolge nach im Prinzip derselben Methode wie von ihm erforscht wird, wenn auch mit einem ganz anderen Maß wissenschaftlicher Kritik. La

1) La Mettries medizinische Fachschriften sollen hier nicht berücksichtigt werden. Von seinen philosophischen Schriften ist „L'homme plante" eine bis ins Absurde geführte Vergleichung pflanzlicher und tierischer Organe, die schon Linné durchgeführt hatte. Die Schrift „Les animaux plus que machines" enthält meist Antworten auf polemische Angriffe.

Mettrie teilte nämlich das Schicksal anderer Bahnbrecher, daß er sich nicht von den Vorurteilen freimachen konnte, die er selbst bekämpfte. Er beginnt damit, daß er die alte Einteilung der Seele in eine vegetative, sensitive und rationale gelten läßt. Er analysiert die beiden ersten und findet, daß ihre Funktionen von denen des Körpers abhängen, was auch seine Vorgänger annahmen. Der Erforschung der sensitiven Seele widmet er den Hauptteil seiner Seelenuntersuchung und erörtert die Sinneseindrücke und ihren Mechanismus, wobei er mehrere treffende Beobachtungen macht, unter anderem über die Subjektivität der Sinneswahrnehmungen. Er erörtert ferner mit großem Scharfsinn die Lokalisation der Sinnesfunktionen im Gehirn und gerät von hier in einem recht halsbrecherischen Gedankensprung geraden Weges zu den Ideen, die er höchst naiv wie körperliche Einheiten behandelt, deren Größe er abzuschätzen sucht. Nachdem er also die Ideen im allgemeinen zu körperlichen Erscheinungen gemacht hat, erörtert er im Anschluß hieran eine Menge solcher, Erinnerung, Einbildung, Genie usw., die alle ebenfalls materiell werden, so daß schließlich nichts mehr für die rationale, unsterbliche Seele übrig bleibt, deren Verteidigung die Theologen übernommen hatten. Ferner sammelt er eine Masse Beweise dafür, daß die Menschenseele im Grunde dasselbe sei, wie die Tierseele, indem er Liebe, Dankbarkeit usw. bei Tieren feststellt und andererseits tierische Eigenschaften beim Menschen findet. Dabei führt er ohne Bedenken wunderliche Geschichten von Menschen an, die wie Tiere in den Wäldern lebten (wahrscheinlich ausgeschmückte Erzählungen über entflohene Geisteskranke), er schildert den Orang-Utan mit ganz menschlichen Eigenschaften, wie sie damals diesem Tiere zugeschrieben wurden, und hofft, daß man ihn nach der damals neu erfundenen Methode des Taubstummenunterrichtes werde sprechen lehren können[1]). Und zum Schluß kommt er mit einer unglaublich naiven Theorie über die „natürliche“ Entstehung des Menschen und der anderen Lebewesen auf der Erde. Ausgehend von Buffons oben angeführter Idee von den im Weltraum zerstreuten lebenden kleinen Keimen, nimmt er an, daß solche, die geeignet waren, Menschen zu bilden, sich in der Erde sammelten und eine Anzahl Individuen hervorgehen ließen, einige defekt, andere vollkommen; und fragt man, warum die Erde jetzt keine Menschen mehr hervorbringe, wird geantwortet, die Erde sei nun alt und müde; fragt man weiter, wie sich die so geschaffenen Menschen am Leben erhielten, so erfährt man, daß sie möglicherweise von barmherzigen Raubtieren genährt wurden,

1) Warum gerade die Taubstummenmethode nötig wäre bei einem Affen, der wohl ebensogut hört, wie der Mensch, wird nicht weiter erklärt. Vermutlich war es die Neuheit, die die Methode wunderbar erscheinen ließ und die Hoffnung erweckte, noch mehr Wunder durch sie zu erleben.

wie neulich in Polen ein kleines Kind von einer Bärin gesäugt worden wäre. Beim Lesen solcher Dinge fühlt man sich in die Zeiten des alten Empedokles zurückversetzt, aber nichts deutet darauf hin, daß La Mettrie so was nicht im Ernste meinte, sofern er überhaupt etwas ernst nehmen konnte. Viel wissenschaftliche Kritik findet sich ja nicht in Spekulationen wie diese, mit denen verglichen auch Buffons kühnste Annahmen noch nüchtern und sachlich sind, aber sie haben doch ein gewisses Interesse als Zeitbild und Ausdruck eines Strebens, das zu den „natürlichen Schöpfungsgeschichten“ unserer Zeit herüberleitet. So offen und kühn hatte vorher niemand mit den alten, offiziell angenommenen und durch die ganze Autorität des Staates geschützten Traditionen zu brechen gewagt, und auch unter La Mettries Zeitgenossen fand sich sonst keiner, der gewagt hätte, den Glauben an Gott als den Schöpfer der Welt und an die Unsterblichkeit der Seele abzulegen, da man ihn für die unentbehrliche Grundlage auch der freisinnigsten Moral hielt. Aber auch die Moral und das Leben der Gesellschaft wollte La Mettrie reformieren durch Schaffung einer natürlichen und philosophischen Tugendlehre an Stelle der offiziellen theologischen und juristischen. Wie andere seiner Zeitgenossen, glaubte er an die natürliche Veranlagung des Menschen, tugendhaft und glücklich zu sein, und schlug ganz berechtigte Reformen vor. Er wollte den Kinderunterricht von dem ermüdenden Auswendiglernen befreien und statt dessen die natürliche Beobachtungsgabe üben lassen. Er ermahnte die Gerichte, zwischen den Taten Geisteskranker und gemeinen Verbrechen zu unterscheiden. Über alles andere aber setzte er das Streben, die Menschen glücklich zu machen, verlegte jedoch den Schwerpunkt der von ihm gepredigten Lebenskunst letzten Endes in „la volupté“, d. h. in den Geschlechtstrieb, dessen Befriedigung mit größtmöglichem Genuß und unter kleinstmöglicher Gefahr er in einer weitläufigen Abhandlung erörtert in der Meinung, damit die Menschheit auf den Gipfel vernünftiger Lebensweisheit zu leiten. Diese Philosophie der Unzucht erhielt, wie bekannt, in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eine große Verbreitung. Wir hätten uns hier nicht mit ihr zu befassen gebraucht, wenn nicht unter ihren Vertretern etliche nach dem Vorbilde von La Mettrie ihre Weisheit mit naturwissenschaftlichen Argumenten geschmückt hätten, was dazu beitrug, diese doppelt in Mißkredit zu bringen, als Gegnerin der offenbarten Religion und Förderin jeder Art von Leichtfertigkeit und Auflösung gesellschaftlicher Ordnung. Darin findet die Geringschätzung der Naturwissenschaft in den Tagen der Romantik wenigstens teilweise ihre Erklärung. Und doch finden wir auch bei La Mettrie einen Zug, der an die Romantik, besonders an die Sturm- und Drangperiode, erinnert. Er hat nämlich eine Charakteristik seiner selbst hinterlassen, in der er von seinem guten, unschuldigen Herzen redet, das nie fehl-

gegangen sei, wenn es auch seine Gedanken taten, und davor warnt, seine Sitten nach seinen Schriften zu beurteilen. Dennoch hat man Grund anzunehmen, daß sein Leben mit seiner Lehre übereinstimmte. Ein Tugendmuster war er nicht, aber er war ein Kind seiner Zeit und hatte Gedanken, die über diese hinausgingen.

Im 18. Jahrhundert begegnen wir überhaupt einer Menge naturphilosophischer Spekulationen, die sich weit voneinander unterscheiden. Ein Teil derselben wendet sich dreist gegen alle ererbten Begriffe, andere dagegen suchen das Alte mit dem Neuen auszusöhnen. Für die letztere Richtung besonders typisch sind die von Bonnet veröffentlichten Versuche, die Natur und Entwicklung der lebenden Organismen zu erklären. Sie vereinigen in sich auf eigentümliche Weise fruchtbare Zukunftsgedanken mit Vorstellungen, die aus einer schon von den meisten Denkern aufgegebenen Weltanschauung stammen.

Charles Bonnet war im Jahre 1720 in Genf als Sohn wohlhabender Eltern geboren, die einem zur Zeit der Hugenottenverfolgungen aus Frankreich ausgewanderten Geschlecht entstammten. Er studierte Jura und wurde in den Rat seiner Vaterstadt gewählt, zeigte aber zugleich ein lebhaftes Interesse für Naturwissenschaft, der er sich mit der Zeit ganz widmete. Als Schüler von Réaumur gab er sich in erster Linie der Insektenbiologie hin und führte auf diesem Gebiete Arbeiten von bleibendem Werte aus. Ein schweres Augenleiden zwang ihn jedoch bald, alle unmittelbaren Beobachtungen und überhaupt jede praktische Betätigung aufzugeben. Den Rest seiner Tage verbrachte er als reicher Privatmann mit rein theoretischen naturwissenschaftlichen und philosophischen Spekulationen. Er starb im Jahre 1793 auf seinem Gute in der Nähe von Genf.

Schon in seinen frühesten Arbeiten zeigt sich Bonnet neben seinen Berichten über tatsächliche Beobachtungen als Naturphilosoph, und in seinen letzten Werken sind die Spekulationen allein vorherrschend. Als Denker steht er ganz und gar auf christlichem Standpunkt, und seine Lehre erhält durch ihre gegen die zu seiner Zeit allgemein herrschende Freigeisterei gerichtete Tendenz einen zugleich scharf polemischen und religiös schwärmerischen Ton, der bewirkt, daß auch seine rein sachlichen Mitteilungen in einer Form vorgebracht werden, die mehr an eine Laienpredigt als an einen Forschungsbericht erinnern. Seine Schriften sind für einen modernen Menschen äußerst schwer zu lesen. Man durchsucht Dutzende, ja hunderte von Seiten, erfüllt mit Lobpreisungen über den Schöpfer, Erläuterungen über die Lebensverhältnisse der Engel und über das Dasein der Menschenseele in einem jenseitigen Leben, um zwischen allem diesem zerstreut biologische Beobachtungen von bleibendem Wert und scharfsinnige, theoretische Erörterungen naturwissenschaftlicher

Probleme zu finden. Die Grundlage dieser ganzen so scharf gegen den Zeitgeist gerichteten Spekulation fand Bonnet bei Leibniz, der, wie wir uns erinnern, die christlichen Glaubenssätze mit den Ergebnissen der Naturwissenschaft und Philosophie zu versöhnen strebte. Auch Hallers warm christliche Naturauffassung hat stark auf Bonnet eingewirkt, dem als Mitglied der hochkonservativen und streng kalvinistischen Patrizierklasse in Genf vielleicht schon von Jugend auf die Freidenkerei fremd war, die sonst unter seinen Zeitgenossen in den meisten wissenschaftlichen Kreisen herrschte.

In der Geschichte der Biologie wird Bonnet in erster Linie als der Entdecker der parthenogenetischen Fortpflanzung genannt. Jahrelang studierte er die Blattläuse und stellte dabei fest, daß im Sommer mehrere Generationen von Weibchen sich ohne Befruchtung fortpflanzen, indem sie lebende Junge gebären. Zum Herbst tritt eine neue Generation auf, die nun aus Männchen und Weibchen besteht, welche sich paaren, worauf die Weibchen Eier legen, welche überwintern. Er hat auch noch andere Eigentümlichkeiten in der Fortpflanzung der Insekten entdeckt, z. B. die Vermehrung der pupiparen Fliegen. Bonnet hat ferner auch die von Trembley bei den Polypen festgestellten Teilungs- und Regenerationserscheinungen genau studiert, eine große Anzahl niederer, koloniebildender Tiere aus den Klassen der Coelenteraten und Bryozoen beobachtet, hat an ihnen experimentiert, wie auch an Süßwasseranneliden und gewöhnlichen Regenwürmern, und hat dabei bemerkt, daß die Regeneration nicht nur normale sondern auch mißgebildete Individuen hervorgehen läßt. In dieser Hinsicht ist er der Vorgänger einer in unseren Tagen sehr hoch entwickelten Spezialforschung. Er hat die Metamorphose der Insekten mit großer Sorgfalt studiert, hat die Veränderungen zu erforschen gesucht, welche die verschiedenen Körperteile beim Übergang von der Larve durch das Puppenstadium zur Imago erleiden, und hat, wenigstens was den Darmkanal betrifft, richtige Beobachtungen gemacht. Ferner hat er die Rolle des sogenannten Fettkörpers als Reservenahrung für das Insekt während der Verwandlung studiert. Mit Pflanzen hat Bonnet auch experimentiert und als einer der ersten ihre Tropismen und Wachstumsbewegungen studiert. Dieses ganze wertvolle Material an Tatsachen sammelte er als Grundlage für seine theoretischen Spekulationen über das Leben auf der Erde, ja man kann sagen im Weltall, denn das war für ihn die wesentlichste Aufgabe der Wissenschaft.

Von Bonnets wissenschaftlichen Theorien ist seine bis ins Extrem ausgebildete Präformationslehre am meisten bekannt. Seine „Einschachtelungstheorie“, nach der jedes weibliche Individuum in sich die „Keime“ (les germes) aller Wesen birgt, die von ihr abstammen werden, immer eine Generation in der anderen, und nach der also das erste Weibchen

einer jeden Art alle Individuen in sich enthalten hat, die erzeugt wurden und die bis ans Ende der Zeiten werden erzeugt werden. Diese Theorie ist der eigentliche Mittelpunkt aller seiner biologischen Spekulationen. Den tatsächlichen Grund für sie lieferten ihm seine Beobachtungen über die Vermehrung der Blattläuse. Er sah nämlich in dem parthenogenetisch erzeugten neugeborenen Blattlausweibchen die fertige Anlage einer neuen Generation und auch das Insekt in der Metamorphose zeigt ja unter der Puppenhaut die fertig gebildete Imago. Auch bei den Pflanzen sind ja der Keim und die Keimblätter im Samen zu sehen, und die Knospe umschließt die Blätter, welche sich aus ihr entwickeln. Er hält sich also für vollkommen berechtigt, in diesen Tatsachen den Beweis für ein allgemeines, für die ganze lebende Natur geltendes Gesetz zu sehen und polemisiert gegen alle epigenetischen Theorien, indem er sogar die Beobachtungen, daß beim Hühnerembryo sich gewisse Organe vor anderen entwickeln, ins Reich der Sage verweist. Übrigens gibt er nicht an, ob er diese in unendlicher Zahl ineinander eingeschachtelten Keime rein körperlich auffaßt, oder ob sie eine Art von Einheiten im Stile des Aristoteles seien. Bonnet hat nämlich in seinen Theorien ziemlich viel von Aristoteles übernommen, wie die Lehre von der Gottheit oder höchsten Intelligenz als äußerster Ursache und von der Harmonie und Zweckmäßigkeit des Weltalls. Jedenfalls läßt er die Keime nicht nur in den Ovarien der Weibchen vorhanden sein, sondern wenigstens bei gewissen Tieren im Körper zerstreut vorkommen. Auf andere Weise kann nämlich Bonnet den Fall nicht erklären, daß sich die Teile eines zerschnittenen Regenwurmes zu neuen Individuen regenerieren können. Man müsse nämlich annehmen, daß der Regenwurm, wie alle Tiere, eine Seele habe, und die Seele sei ja unteilbar. Soll also der Regenwurm sich regenerieren können, müssen eben Keime mit Seelenanlagen überall im Körper zerstreut liegen. Ja sogar eine einzelne Extremität, die sich regeneriert, wie z. B. beim Krebs, müsse einen besonderen Keim haben, der bestimmt sei, sie zu ersetzen, wenn sie verloren gegangen, und dasselbe gilt auch von einzelnen Muskeln und Fasern, die auch bei den höchsten Tierformen wiederwachsen können. — Diese ganze Keimtheorie erinnert deutlich an Leibniz' Monadenlehre und hat somit denselben Urpsrung wie Buffons und La Metries Theorien von den lebenden kleinen Keimen, die das Universum erfüllen. Während aber diese beiden Skeptiker die Hypothese verwandten, um eine Theorie der Urzeugung aufzustellen, und damit den persönlichen Schöpfer zu eliminieren, leugnet der tief religiöse Bonnet auf das bestimmteste jede Urzeugung und führt gegen sie eine Menge Gründe an, die heute noch Gültigkeit haben. Obiges mag als Beispiel dafür dienen, wie sehr die persönliche Weltanschauung eines Gelehrten auf seine rein wissenschaftlichen Theorien einwirken kann.

Die Präformationstheorie bildet übrigens nur eine Seite von Bonnets eigentümlichen Spekulationen. Eine Idee, die ihn ganz ebenso beschäftigt, ist der Gedanke einer fortschreitenden Entwicklung in der Natur. Seine unerschütterliche Überzeugung von der Weisheit des Schöpfers machte aus ihm einen unverwüstlichen Optimisten. Er war voll und ganz davon überzeugt, daß die Welt vorwärts einem höheren Ziel entgegen schreite. Er glaubt, daß es Himmelskörper gäbe, welche die Entwicklung, die er bezüglich des Erdballes annimmt, bereits erreicht hätten, wo die Steine organische Struktur besäßen, die Pflanzen empfänden, die Tiere redeten und die Menschen Engel wären. Da er somit ein Fortschreiten über den jetzigen Zustand hinaus erwartet, glaubt er, daß es die Folge einer Entwicklung wäre. Die in einem Individuum ineinander eingeschachtelten „Keime“ seien einander nicht gleich und seien auch nie gleich gewesen. Dagegen betont er ausdrücklich, daß, wenn man ein Pferd, ein Huhn, eine Schlange sähe in der Gestalt, wie sie zuerst entstanden, man sie nicht erkennen würde. Diese Veränderungen, meint er, geschähen im Zusammenhang mit einer Reihe von Entwicklungsstadien, die die Erde durchgemacht hat und von denen jede mit einer Katastrophe endete, welche alles Lebende vernichtete und nur die Keime verschonte, aus denen neue Lebensformen entstanden wären. Die letzte von diesen Katastrophen wäre die gewesen, welche die Erde vor den in den Büchern Mose erwähnten 6 Schöpfungstagen verwüstete. Die historische Zuverlässigkeit der biblischen Überlieferung betonend, deutet er sie, vom orthodoxen Standpunkt gesehen, doch etwas frei, und erhofft von der nächsten zu erwartenden Katastrophe eine Vervollkommnung des Erdenlebens in der oben angedeuteten Weise. Die in den Gebirgen lagernden Fossilien seien die Reste lebender Wesen früherer Lebensepochen, die den gegenwärtigen und von ihnen abstammenden unähnlich gewesen wären.

Bonnet, der in dieser geologischen Theorie offenbar von Buffon ausgeht, ist durch sie der Vorgänger von Cuvier und Lamarck geworden. Cuviers berühmte Katastrophentheorie stimmt zu deutlich mit der von Bonnet überein, als daß die Ähnlichkeit zufällig sein könnte, und andererseits hat Bonnet durch seine ausdrückliche Betonung der Veränderlichkeit der Arten den Deszendenzspekulationen von Lamarck vorgegriffen, wenn auch die beiden späteren Biologen diese Ideen weit vollendeter und einheitlicher haben formen können. Aber in noch einer anderen Hinsicht ist Bonnet der Vorläufer jener beiden großen Neugestalter der biologischen Wissenschaft, nämlich in seiner wieder deutlich im Anschluß an Buffon erfolgten Behauptung, daß es in der Natur keine scharfen Artgrenzen gäbe, und daß alle Lebensformen auf der Erde ineinander übergingen. Er stellt, wie er es nennt, „une échelle des êtres naturels“ auf, eine Reihe, die von den einfachen Elementen sich durch das Mineral-,

Pflanzen- und Tierreich in langer Folge bis hinauf zum Menschen erstreckt. Die Übergänge in dieser Reihe sind nach modernen Begriffen höchst naiv gewählt — der fliegende Fisch vermittelt den Übergang von den Fischen zu den Vögeln, Strauß, Fledermaus und Eichhorn verbinden die Vögel mit den Vierfüßern, Polyp und Sinnpflanze die Tiere mit den Pflanzen. Bonnet gibt jedoch zu, daß diese ganze Einteilung nur annähernd richtig sei, und daß die Reihe vielleicht nicht ganz so einheitlich wäre, wie er sie aufgestellt, daß möglicherweise Mollusken und Insekten, Eidechsen und Frösche nicht in einer Linie aufeinander folgen, sondern in der Tat einander nebengeordnet wären. Ebenso wie Bonnets lange Entwicklungsreihe deutlich Lamarcks Entwicklungstheorie vorbereitet, erscheint die Vermutung hinsichtlich paralleler Entwicklungsgruppen wie Vorahnung jener Typentheorie, die Cuvier schuf und durch welche er die ganze zoologische Systematik so reformierte, daß die moderne Deszendenztheorie entstehen konnte. Und wie gesagt, die Übereinstimmungen sind sicher nicht zufällig. Bonnet stand bei seinen Zeitgenossen und der nächsten Generation in hohem Ansehen und wurde eifrig studiert; besonders Cuvier sprach seine warme Bewunderung aus, indem er Bonnets Schriften zum Studium empfahl. Demnach unterliegt es keinem Zweifel, daß auch andere Biologen jener Zeit seine Arbeiten kannten und durch sie beeinflußt wurden.

In dem vorhergehenden wurden die für die Entwicklung der Biologie wichtigsten von Bonnets Theorien angeführt, und der Raum gestattet kein näheres Eingehen auf alle die scharfsinnigen Aussprüche, die der geniale Phantast in seine Schriften eingestreut hat, wie z. B. seine treffende Kritik des Vitalismus. Trotz seiner religiösen Schwärmerei erklärt er die Funktionen des Körpers rein mechanisch und richtet gegen den Vitalismus, wohl zunächst gegen Stahl und seine Schule, das spitzige Argument, daß „Seelen“ sehr bequem wären, wenn es darauf ankäme, Lebenserscheinungen zu erklären, da sie willig alles besorgten und ihr Nichtsein niemals bewiesen werden könnte. Bei einer anderen Gelegenheit analysiert er ausführlich die Abhängigkeit der verschiedenen Organe desselben Körpers voneinander und wie eine Veränderung in einem Organ unwillkürlich auf die anderen wirken müsse. Ein anderes Mal berichtet er von seinen Beobachtungen über verschiedenartige Sinneseindrücke und schneidet damit eine Frage an, die Goethe bekanntlich zum Gegenstand eingehender Studien gemacht hat. Ein ideenreicher Mann war also Bonnet, und wenn er auch in vielen Dingen unserer Zeit fremd erscheinen mag, so sind doch zweifellos viele von seinen Gedanken heute Gemeingut der Menschheit.

Die experimentalbiologischen Untersuchungen, auf denen Bonnet seine Spekulationen aufbaute, wurden fortgesetzt und wesentlich ver-

tieft von Lazzaro Spallanzani (1729—1799). Geboren in Reggio als Sohn eines Advokaten studierte er in Bologna Jura und ließ sich gleichzeitig zum Priester weihen. Nachher widmete er sich naturwissenschaftlichen Studien und wurde Professor der Philosophie zuerst in Modena, dann in Pavia. Er untersuchte auf dem Wege des Experimentes die Regeneration und die Befruchtung und überholte sowohl in der Methode als auch in den Ergebnissen weit alle seine Vorgänger. Er fand in den Amphibien, namentlich in den Salamandern und Tritonen, geeignete Objekte für Studien über die Regeneration auch bei Wirbeltieren und nutzte sie so vielseitig aus, als es die Umstände gestatteten. Er studierte das Wiederwachsen des Schwanzes, der Extremitäten und Kiefer, und zwar nicht bloß indem er die Tatsache feststellte, sondern er verfolgte mittels Präparation und Mikroskop die Neubildung der verschiedenen Körperbestandteile, der Muskeln, Nerven und Knochen, beobachtete die Zeit, in der die Regenerationen verliefen und suchte durch verschiedene Ernährungs- und Temperaturverhältnisse die Vorgänge zu beeinflussen. Auch die Befruchtungsvorgänge wurden von ihm experimentell studiert. Er filtrierte das Sperma verschiedener Tiere und stellte fest, daß die Gegenwart von Spermatozoen zum Gelingen der Befruchtung nötig wäre, konnte sich aber nicht zur Annahme einer direkten Beeinflussung des Eies durch sie aufschwingen, sondern glaubte, daß der sie begleitende Saft der Stoff sei, der das Ei zur Entwicklung reize. Er hielt nämlich ebenso eigensinnig, wie Bonnet, an der Präformationslehre fest, studierte genau die Entwicklung des Froscheies und verfolgte die Bildung der Rückenfurche, aber nur um den Beweis zu finden, daß das ganze Tier im Ei vorgebildet wäre. Schließlich glaubte er einen unwiderleglichen Beweis darin gefunden zu haben, daß er sah, wie das Froschei im Körper des Muttertieres größer wuchs noch bevor es befruchtet war, und da Wachstum ohne Organe nicht möglich wäre, wie er meinte, müßte also die Froschlarve im Ei schon vor der Befruchtung fertig vorhanden sein.

Zur selben Zeit als Spallanzani glaubte einen unerschütterlichen Grund für die Präformationslehre gefunden zu haben, veröffentlichte ein anderer Forscher eine Abhandlung, die mit der Zeit den Ausgangspunkt für eine neue Auffassung von der Embryonalentwicklung bilden sollte.

Caspar Friedrich Wolff war es, der der Embryologie neue Wege bahnte. Geboren in Berlin im Jahre 1733 war er der Sohn eines Schneiders. Er bildete sich im Collegium medicum seiner Vaterstadt zum Arzte aus und begab sich dann nach Halle, wo er nach dem System von Leibniz und dessen Schüler Christian Wolff[1]) Philosophie studierte und schließlich

1) Christian Wolff (1679—1754) war Professor der Mathematik in Halle, wurde von dort durch die Intrigen der Pietisten (Stahl scheint an seiner Verfolgung teilgenommen zu haben) vertrieben und war einige Zeit Professor in Marburg, kehrte

zur Erlangung des Doktorgrades eine Abhandlung veröffentlichte, die seinen Namen berühmt machte. Nachdem er eine zeitlang Militärarzt gewesen war, erhielt er das Recht, in Berlin medizinische Vorlesungen zu halten, und geriet durch sie in mehrere unangenehme Konflikte mit den Professoren am Collegicum medicum. Da er friedfertigen Gemütes war, litt er darunter und nahm mit Freude einen Ruf nach Petersburg an, wo er als Mitglied der Akademie den Rest seines Lebens in stiller Forscherarbeit verbrachte. Er starb im Jahre 1794.

Caspar Friedrich Wolff war einer von denen, die erst nach ihrem Tode berühmt wurden. Von seinen Zeitgenossen wurde er wenig beachtet. Haller, dem er seine später so berühmte Abhandlung „Theoria generationis" gewidmet hatte, nahm sie wohl freundlich entgegen, legte sie aber unbeachtet beiseite, und dasselbe taten auch andere Biologen jener Zeit. Daß Wolff von seinen Zeitgenossen nicht verstanden wurde, beruhte zumeist darauf, daß er von Anfang an eine Richtung eingeschlagen hatte, die der damaligen Auffassung von den Lebenserscheinungen direkt entgegengesetzt war. Er beginnt mit einem fertigen theoretischen Programm, und die Tatsachen, die er vorbringt, sind einzig gesammelt, um als Beweis für eine schon vorher fest gefaßte Meinung zu dienen. In der Einleitung gibt er den Plan seiner Arbeit. Unter der „Generatio", oder wie man heute sagen würde, Entwicklung des Körpers, wird seine Entstehung in allen seinen Teilen verstanden, und das Prinzip dabei ist die Kraft, welche diese Entstehung hervorruft. Die Anhänger der „Prädelineationslehre" leugnen also, fügt er hinzu, daß eine „Generation" stattfindet. Wolff erklärt also von Anfang an der Präformationslehre den Krieg. Sein mißbilligendes Urteil über sie stützt sich aber weniger auf die Beweiskraft der von ihm beobachteten Tatsachen, als auf rein theoretische Gründe, die nach Christian Wollfs philosophischer Methode angeführt werden. „Eine richtige Erklärung der Generation gibt der, welcher aus den gegebenen Prinzipien und Gesetzen die Teile des Körpers und ihre Zusammensetzung ableitet"; — „und der hat eine Theorie der Generation zustande gebracht, welcher es vermag, den ganzen fertig gebildeten Körper aus diesen Prinzipien und Gesetzen abzuleiten." Die Prinzipien, durch welche die Neubildung von Organismen geschieht, sind Ernährung und Wachstum. Durch Er-

---

aber nach Halle zurück und wirkte dort als Professor der Philosophie. Unter dem gemeinsamen Titel „Vernünftige Betrachtungen" gab er eine Reihe Abhandlungen über eine Menge verschiedener Gebiete des menschlichen Wissens heraus, in denen er Leibniz' Lehren in populärer Form wiedergibt. Besonders betont er, daß alles, was geschieht, einen zureichenden Grund haben müsse, da sonst aus nichts etwas entstehen könnte, was doch undenkbar wäre. Im übrigen war er ein geschickter Mathematiker und für seine Zeit ein guter Botaniker. Er trug viel dazu bei, in Deutschland Interesse für Naturwissenschaften zu wecken.

nährung werden die einfachen Bestandteile des Organismus neugebildet, durch Wachstum ganze Teile des Körpers oder neue Körper. Die Fortpflanzung wird nämlich durch geschwächtes Wachstum (vegetatio languescens) hervorgerufen, durch welches der neugebildete Keim oder Embryo von der Mutterpflanze oder dem Muttertiere abgeschieden und verhindert wird, weiter in Verbindung mit diesen zu wachsen. Und das, was alle Ernährung und alles Wachstum hervorruft, ist nach Wolff die innere Kraft (vis essentialis), ein Begriff, den er unaufhörlich als letzte Ursache von allem, was im Organismus geschieht, anführt, und zu dem er die Idee nach seiner eigenen Aussage von Stahl erhalten hat. Denn so wie für Wolff die Verurteilung der Präformation den Ausgangspunkt seiner Forschung bildet, so ist sein Ziel die Abschaffung der „mechanischen Medizin", jener Theorie, die da behauptete, der lebende Körper müsse für eine Maschine angesehen und als solche behandelt werden, wo die Lebenserscheinungen sich aus der Form und Zusammensetzung der Körperteile oder, wie ausdrücklich gesagt wird, aus anatomischen Prinzipien erklären. Eine solche Theorie erklärt Wolff für eine Einbildung und sammelt eine Menge Beweise gegen sie. Zu einer richtig durchgeführten vitalistischen Theorie bringt es jedoch auch Wolff nicht, denn er behandelt trotz alledem die Körpererscheinungen mechanisch und identifiziert nicht, wie Stahl, seine Vis essentialis mit der Seele. Überhaupt ist Wolffs Theorie unklar und inkonsequent verglichen mit Stahls freilich schwer zugänglichem aber in seiner Weise großzügigem Gedankenbau. Das Schlimmste an Wolffs philosophischer Methode ist aber, daß er mit ihr beinahe alles erklären zu können glaubt; mit einigen Worten schlägt er eine Brücke über die tiefsten Abgründe der Naturwissenschaften und sogar für solche Erscheinungen, bei denen unsere heutige Biologie sich mit der Feststellung der Tatsachen begnügen muß, hat er stets eine Theorie in Bereitschaft. In allem diesem ist er ein Vorgänger der Naturphilosophie des Zeitalters der Romantik, und diese war es auch, die seine Ansichten in Aufnahme brachte.

In Wolffs Abhandlung wird die Entwicklung der Pflanzen und Tiere behandelt unter immerwährenden Versuchen, das beiden Gemeinsame herauszufinden. Das Wachstum der Pflanzen geschieht seiner Meinung nach in der Weise, daß die innere Kraft Flüssigkeit aus der Erde durch die Wurzeln hinauf in alle Teile der Pflanze zieht, wo sie sich namentlich in den Vegetationspunkten sammelt und durch Verdunstung festere Konsistenz erlangt und Häute bildet, die durch Zufuhr neuer Flüssigkeit Bläschenform annehmen. Die Wände dieser Bläschen verdicken sich durch Verdunstung noch mehr, es schieben sich neue Bläschen zwischen die vorhandenen ein, und in dieser Weise bildet sich neue Pflanzensubstanz. Das Gefäßsystem der Pflanzen bildet sich dadurch, daß der

strömende Saft in der Pflanzensubstanz Kanäle aushöhlt, deren Wände ebenfalls durch Verdunstung verdickt werden. Aus solchen Bläschen und Kanälen bildet sich dann die Pflanze durch ein System von Wachstumsformen, deren abstrakte und verwickelte Einzelheiten uns hier nicht weiter beschäftigen sollen. Wie schon angedeutet, wird die Blütenbildung und der Fruchtansatz durch geschwächtes Wachstum hervorgerufen, „der zureichende Grund, warum innerhalb einer gewissen Zeit die Blattbildung aufhört und die Fruchtbildung eintritt, ist die verminderte Zufuhr von Ernährungssaft zu den Vegetationspunkten — was schon aus der Definition des Wachstums hervorgeht.“ So ist Wolffs naturwissenschaftliche Beweisführung. Auf ähnliche Weise wird bewiesen, daß die Fruchtbildung und Keimentwicklung in erneutem Wachstum besteht, hervorgerufen durch die vollkommene Ernährung (perfectum nutrimentum), die der Pollen den Samen zuführt, wobei weitläufig dargelegt wird, warum der Pollen die vollkommenste Nahrung ist und sein muß, die es gibt. Und demnach sei also die geschlechtliche Fortpflanzung nichts anderes als ein erneutes Wachstum.

Die Grundprinzipien, nach denen das Wachstum im Pflanzenreiche vor sich geht, findet Wolff bis in die Einzelheiten im Tierreich wieder. Im Hühnerembryo, dem einzigen Gegenstande seiner tierembryologischen Untersuchungen, findet er dasselbe Wachstumsphänomen wieder. Die innere Kraft zieht Nahrung aus dem Dotter in die Keimscheibe, wo diese Nahrungsflüssigkeit, wie bei den Pflanzen, zu Bläschen und Kanälen erstarrt. Letztere werden durch das Herz und das Gefäßsystem repräsentiert. Auch hier sind die Einzelheiten, die übrigens weniger eingehend als bei der Pflanzenentwicklung geschildert werden, von geringerem Interesse, denn Wolff läßt seiner spekulativen Phantasie freien Lauf auf Kosten eingehenderer Beobachtung. Seine Behauptung, daß niemand mit einer stark vergrößernden Linse etwas entdeckt hätte, was nicht ebensogut mit einer schwächeren Vergrößerung hätte gesehen werden können, zeigt zur Genüge, wie fremd der Wirklichkeit seine Spekulation ist. Und noch schlimmer ist seine ständige Vergleichung des Baues von Pflanzen und Tieren im einzelnen. Hier übertrifft seine Gleichstellung der Pflanzengefäße mit den Arterien und der Saugwurzeln mit den Venen an Absurdität das meiste, was in diesem Sinne bis dahin geleistet war, und das besagt nicht wenig.

Nichtsdestoweniger hat Wolff gerade durch seinen Vergleich der Entwicklung von Pflanzen und Tieren seinen größten Beitrag zur Entwicklung der Biologie geliefert. Er war der erste, welcher die Grundsubstanz, aus der Pflanzen und Tiere bestehen, verglichen hat. Und wenn auch seine Gleichstellungen in den meisten Fällen fehlerhaft sind, so hat er doch früher als jeder andere die beiden gemeinsame bläschen-

artige Struktur hervorgehoben, oder mit anderen Worten, das Zellengewebe, und somit auf dem von Malpighi und dessen nächsten Nachfolgern eingeschlagenen Wege die Wissenschaft um ein bedeutendes Stück weitergebracht.

Als ein weiteres Verdienst von Wolff pflegt hervorgehoben zu werden, daß er an Stelle der Präformationslehre die Lehre von der Epigenese in die Biologie eingeführt habe. In dieser Hinsicht ist jedoch der richtige Sachverhalt nicht ganz so einfach. Wir haben schon früher gesehen, daß die Theorie der Epigenese in der Tat älter ist als die Präformationslehre, denn Aristoteles war ja schon Epigenetiker und seine Lehre wurde ohne Widerspruch sogar von Harvey verkündet. Als erster Vorkämpfer der Präformationslehre gilt aber erst Swammerdam. Es war also eine alte Theorie, die Wolff übernahm und anfangs aus rein theoretischen Gründen zu der seinen machte. Daß später seine Beobachtungen mit der vorgefaßten Meinung übereinstimmten, war ganz natürlich. Trotzdem förderte es den Fortschritt der Wissenschaft, daß er, wenn auch aus Voreingenommenheit, richtigere Bilder in seinem Mikroskop sah als die Präformationstheoretiker seiner Zeit. Diese hielten ja von ihrem Standpunkt aus das Studium der Embryologie für überflüssig, weil alles schon fertig vorgebildet war, während Wolff nachwies, daß auf diesem Gebiete noch unendlich viel zu entdecken und zu untersuchen war, und dadurch den Weg zu einem neuen Arbeitsfeld in der Biologie bahnte, auf dem in der Folgezeit mit großartigem Erfolge gearbeitet wurde. Indessen ist oft behauptet worden, daß Wolff in dieser Frage alles Recht auf seiner Seite gehabt habe und seine Gegner alles Unrecht. Diese Auffassung ist vollkommen unhistorisch. Zur Zeit ihres Auftretens war die Präformationstheorie nicht nur voll berechtigt und dem damaligen Stande der Wissenschaft angepaßt, sondern sie bedeutete, wie schon früher hervorgehoben wurde, einen wirklichen Fortschritt. Andererseits aber schoß die Lehre von der Epigenese, wie sie Wolff faßte, zweifellos bedenklich über das Ziel. Er, der im unentwickelten Ei jede Spur organischer Struktur leugnete, würde sicherlich finden, daß die ontogenetische Forschung unserer Tage mit ihrer starken Betonung der Orientierung des Eies und seiner einzelnen Teile und ihrem Festhalten an der Unveränderlichkeit der Erblichkeitsfaktoren in hohem Grade präformationistisch sei.

Jedoch nicht nur durch seine Epigenesistheorie steht Wolff im Gegensatz zu seinen Zeitgenossen als Vorbote einer neuen Zeit, sondern auch seine wissenschaftliche Methode und seine ganze Auffassung der Natur unterscheiden sich unverkennbar von allen anderen Richtungen seiner Zeit. Wie gesagt ist er ein Vorgänger der am Ende des 18. Jahrhunderts auftretenden Richtung in der Naturwissenschaft, die Naturphilosophie genannt wird und die besonders in Deutschland unter vollkommener

Mißbilligung der bis dahin geltenden Ziele und Mittel der Naturforschung eine ganz neue Naturkunde schaffen wollte. Die biologische Naturphilosophie ist indessen nur ein Glied einer allgemeinen kulturellen Bewegung von weit mächtigerem Umfang, die im folgenden näher beleuchtet werden soll. Vorher aber muß in einigen Worten die Anwendung der experimentalen Methode in der Botanik des 18. Jahrhunderts besprochen und einiger Anatomen und Morphologen gedacht werden, die zu derselben Zeit wirkten.

Weit mehr als die Tierbiologie stand die Botanik des 18. Jahrhunderts unter dem Einfluß des Linneanismus. Doch wendete auch in jener Zeit der eine oder andere Forscher beim Studium des Pflanzenreiches gelegentlich Methoden an, die nicht rein systematisch waren. In der Regel arbeiteten sie aber in der Stille, und ihre Ergebnisse kamen erst späteren Zeiten zugute. Eine Ausnahme bildete der englische Experimentalforscher Stephen Hales, dessen Arbeiten von den Zeitgenossen hoch gewertet wurden. Sie wurden von Buffon ins Französische und von Christian Wolff ins Deutsche übersetzt. Er war aber auch der Aufmerksamkeit würdig, die man ihm widmete, denn er war ohne Zweifel einer der bemerkenswertesten Biologen des 18. Jahrhunderts.

Hales war im Jahre 1679 zu Beckesbury im südlichen England als Sohn einer angesehenen Familie geboren und wurde nach Beendigung seiner theologischen Studien in Cambridge Geistlicher der englischen Staatskirche. Nach verschiedenen anderen Anstellungen wurde er Pfarrer in Teddington, einer Gemeinde in Middlesex, wo er im Jahre 1761 starb. Er war als ein eifriger Seelsorger bekannt, der in sittlicher und materieller Hinsicht für seine Gemeinde sorgte, sich aber außerdem noch an größeren philanthropischen Unternehmungen beteiligte, wie an der Verbesserung der Lage der Gefangenen, an der Verwaltung wohltätiger Stiftungen und an Erfindungen zum Nutzen der Menschheit. Von denen, die ihn persönlich kannten, wurde seine Güte und Anspruchslosigkeit gerühmt.

In Cambridge, wo zu seiner Studienzeit Newton eine große Rolle spielte, wurde auch Hales vom Studium der Naturwissenschaften angezogen und besonders interessierten ihn Physik, Chemie und Botanik. Dieses Interesse behielt er während seines ganzen Lebens bei und es führte ihn auf den Gedanken, zu versuchen, mittels physikalischer Methoden die Bedingungen für das Leben und Wachstum der Pflanzen zu erforschen. Diesen Gedanken verwirklichte er während vieler Jahre durch experimentelle Studien, deren Ergebnisse er im Jahre 1727 unter dem Titel „Vegetable staticks“ veröffentlichte. In der Fähigkeit, biologische Experimente anzustellen und aus ihnen Schlüsse zu ziehen, hat es ihm kein Forscher unter seinen Zeitgenossen zuvorgetan und wenige von seinen Nachfolgern.

Viele von seinen Versuchsanordnungen können noch in unserer Zeit mit Erfolg angewandt werden. Hinsichtlich seiner Weltanschauung war Hales natürlich seiner Zeit und Stellung gemäß ein frommer Christ, suchte aber, gleich seinem Lehrer Newton, gewissenhaft den gesetzmäßigen mechanischen Verlauf der von ihm untersuchten Erscheinungen festzustellen und wollte sich nie auf hypothetische Erklärungen der Lebenserscheinungen einlassen.

Was Hales in erster Linie durch seine Experimente erforschen wollte, war der Stoffwechsel der Pflanzen in quantitativer und qualitativer Hinsicht. Besonders sind es seine quantitativen Untersuchungen, denen die ihnen gebührende Bewunderung gezollt wird. Er war der erste, welcher planmäßig und in großem Stil die exakten Arbeitsmethoden der Physik auf die lebende Natur anwandte. Er begoß vorher gewogene Topfgewächse während einer längeren Zeit mit einer bestimmten Menge Wasser, indem er täglich die Pflanzen wog, und stellte so ihren Wasserverbrauch fest. Ferner berechnete er die Größe der Blatt- und Stammoberfläche von Pflanzen und berechnete das Verhältnis zwischen der Pflanzenoberfläche und der täglich durch sie verdunsteten Wassermenge. Ebenso berechnete er durch Messung und Wägung die Flüssigkeitsmenge, welche verschiedene Pflanzen durch ihre Wurzeln aus dem Boden aufsaugen und die Geschwindigkeit des Saftstromes im Innern der Pflanzen. Schließlich bewies er auch noch, daß die Pflanzen Luft durch die Blätter und den Stamm und nicht nur durch die Wurzeln aufnehmen, wie ältere Botaniker behauptet hatten. Überhaupt interessierte ihn ganz besonders das Verhalten der Luft zu den lebenden Wesen. Er behauptet mit Bestimmtheit, daß die Luft Bestandteile enthalte, welche von den Pflanzen durch die Blätter aufgenommen und in feste Stoffe verwandelt werden. Ebenso behauptet er, das daß Licht in die Blätter eindringe und in ihnen beim Ernährungsprozeß mitwirke. In diesen Aussprüchen hat man besondere Beweise für Hales' Genialität sehen wollen, und sie enthalten unleugbar eine geniale Vorahnung von Tatsachen, die erst in späterer Zeit festgestellt wurden, wenn auch im einzelnen seine Spekulationen über die Eigenschaften der Luft unstreitig weit mangelhafter sind als seine quantitativen Versuche. Die Chemie der Gase war freilich zu seiner Zeit schwach entwickelt, doch scheint es, als wenn er kaum das benutzt hätte, was damals bekannt war. Er zitiert zwar fleißig Boyle, aber van Helmonts Untersuchungen über die Gase hat er offenbar nicht gekannt, denn für ihn sind alle Gase „Luft", sowohl das bei der trockenen Destillation von Holz entstehende als auch das bei der Einwirkung von Säure auf Kalk gebildete. Unter solchen Umständen war natürlich die große Mühe, die er auf seine Untersuchungen über die Einwirkung der Luft auf das Pflanzen- und Tierleben verwandte, zum großen Teil vergebens.

Was er als Experimentator geleistet, sichert ihm gleichwohl einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Biologie, und es dauerte lange, bis die Wissenschaft seinen Standpunkt überholte, denn dazu bedurfte es vorher einer Erneuerung der Chemie, wie sie erst am Schluß des 18. Jahrhunderts wirklich erfolgte. In einem der folgenden Kapitel soll auch hierüber näher berichtet werden. In seinem späteren Lebensalter hat Hales auch an Tieren experimentiert, besonders im Hinblick auf die Blutzirkulation, und dabei eine ebensolche Befähigung zum Anstellen von Experimenten und Ziehen von Schlüssen an den Tag gelegt, wie bei seinen Pflanzenuntersuchungen. Er maß den Blutdruck an lebenden Tieren durch Einsetzen eines Steigrohres in eine Arterie, berechnete die Geschwindigkeit des Blutstromes in den Adern und Kapillaren aus dem Volumen der Gefäße, der Schnelligkeit des fließenden Blutes und dem Widerstand der Wände. Diesen Untersuchungen fügte er eine Menge Bemerkungen medizinischen und hygienischen Inhaltes bei, besonders über die Schädlichkeit berauschender Getränke, denn er war ein eifriger Freund der Abstinenz. Dieses verleiht seinen „Haemastaticks“, wie er seine Blutuntersuchungen nennt, ein buntscheckigeres Aussehen im Vergleich zu seiner botanischen Abhandlung, was jedoch nicht hindert, daß der Wert dieser Arbeit Hales einen ehrenvollen Platz auch in der Geschichte der Physiologie sichert.

Unter den Forschern, die sich zunächst nach Hales im 18. Jahrhundert um die Pflanzenphysiologie verdient gemacht haben, sind besonders zwei zu nennen, die experimentelle Beobachtungen von Bedeutung über die Fortpflanzung der Pflanzen gemacht haben.

Joseph Gottlieb Koelreuter wurde im Jahre 1733 zu Sulz in Württemberg geboren. Von seinem Lebenslauf weiß man ziemlich wenig. Er dürfte in Berlin und Leipzig studiert und sich eine zeitlang in Petersburg aufgehalten haben. 1764 wurde er Professor der Naturwissenschaft und Leiter des botanischen Gartens in Karlsruhe. Er starb im Jahre 1806. Schon vor seiner Ernennung zum Professor hatte er die erste Serie der Aufzeichnungen veröffentlicht, in denen er die Ergebnisse seiner Versuche mit künstlicher Befruchtung bei Pflanzen mitteilt. Camerarius war der erste gewesen, der auf diesem Gebiete experimentiert hatte und ihm folgte Linné, der, wie wir sahen, Hybridisierungen an Pflanzen ausführte, obwohl er sonst kein experimentierender Forscher im engeren Sinne war. Koelreuter war der erste, der sich ausschließlich mit experimenteller Pflanzenzucht beschäftigte in der Absicht, die Befruchtung und Entwicklung der Pflanzen zu studieren. Zunächst begann er mit der Untersuchung des Befruchtungsvorganges, untersuchte den Pollen unter dem Mikroskope und kam zum Schluß, daß seine befruchtende Eigenschaft auf einer von ihm abgesonderten

öligen Flüssigkeit beruhe. Auf der Narbe des Stempels fand er eine ähnliche Flüssigkeit und schließt daraus, daß die Befruchtung in einer Vereinigung dieser Flüssigkeiten bestehe, ähnlich wie eine Säure und eine Base ein Salz bilden. Von größerem Wert sind seine Beobachtungen über die Mittel zur Verbreitung des Pollens. Er ist der erste, der klar nachgewiesen hat, daß gewisse Blüten stets durch Insekten befruchtet werden, wie er auch die Rolle des Windes bei der Befruchtung anderer Formen hervorhebt. Von größtem Interesse sind jedoch seine Untersuchungen über Bastardbildungen — eine Frage, der er sich bald ganz und gar widmete. Auf diesem Gebiete ist er der Bahnbrecher für eine Forschungsrichtung, die bekanntlich gerade in unseren Tagen mehr als die meisten anderen nicht nur die gelehrte Welt, sondern auch das große Publikum interessiert. Anfangs kreuzte er im Laufe mehrerer Jahre verschiedene Tabaksarten miteinander, ging aber später auf andere Pflanzengattungen über, wie Nelken, Akelei, Wollkraut u. a. Er verstand es auch, seine Versuche zu variieren und ihre Resultate wahrzunehmen, indem er genau die Bastarde mit den Elternindividuen verglich und die Gleichheiten und Ungleichheiten zwischen ihnen notierte, die Bastarde mit den Elternarten kreuzte und die Rückkehr zur Ähnlichkeit mit den letzteren beobachtete, die Bastarde mit ihrem eigenen Pollen befruchtete und dabei Resultate erzielte, die als Vorboten von Mendels berühmten Beobachtungen gelten können, und schließlich auch solche Fälle verzeichnete, die man zu unserer Zeit als Mutationen bezeichnen würde. In theoretischer Hinsicht jedoch hat er begreiflicherweise die Ergebnisse seiner Versuche nicht ausnutzen können, denn dazu waren seine Vorstellungen über das eigentliche Wesen der Befruchtung zu unklar. Er glaubte z. B., man könne durch Befruchtung einer Art mit gemischtem, eigenem und fremdem Pollen eine Art von Halbbastarden erzeugen, die von den Elternarten ein wenig, aber nicht sehr verschieden wären. Außerdem mischte er in seine Spekulationen gewisse mystische Ideen, besonders aus dem Gebiet der Alchimie, indem er die Veränderungen der Artcharaktere bei der Bastardbildung ausdrücklich mit den Metallverwandlungen der Alchimisten vergleicht und die Vermutung ausspricht, daß man dazu gelangen werde, mit wünschenswerter Langsamkeit ein Metall in ein anderes überzuführen, wie man durch wiederholte einseitige Kreuzung eine Pflanzenart in eine andere überführen könne. Überdies findet er eine Bestätigung dieser Idee in der Ähnlichkeit des Pollens mit dem Schwefel der Alchimisten, die darin bestehe, daß man den Pollen als Reduktionsmittel für Metalloxyde benutzen könne (d. h. der verbrannte Pollen reduziert wie jede andere Kohle). Die weiblichen Geschlechtsprodukte dagegen seien, meint er, „merkurialisch“. Also auf dem Gebiete des praktischen Experimentes liegt Koelreuters Größe, hier ist er der Wegebahner und besonders seine

Kreuzungsversuche galten für vorbildlich, bis Mendels weit tiefer durchdachte Experimente bekannt wurden. Mit diesem größten unter seinen Nachfolgern teilte Koelreuter das Geschick, daß seine Arbeiten lange gar nicht beachtet wurden. Erst lange nach seinem Tode wurden sie der Vergessenheit entrissen und, wie gehörig, gewertet.

Dasselbe Schicksal, von den Zeitgenossen und noch später übersehen zu werden, wurde auch Christian Konrad Sprengel zuteil hinsichtlich seiner im Anschluß an Koelreuter ausgeführten Untersuchungen über die Befruchtung der Blüten. Geboren 1750 in Brandenburg stammte er aus einem Pfarrerhause, studierte Theologie und Sprachwissenschaft und widmete sich hernach dem Lehrerberuf. Er war einige Jahre Lehrer ind Berlin und wurde darauf Rektor in Spandau. Nach etlichen Konflikten mit Vorgesetzten, Schülern und deren Eltern erhielt er im Jahre 1794 seinen Abschied mit Pension und lebte zum Schluß in Berlin als Eigenbrödler, bis er im Jahre 1816 starb. Sein schwerer Charakter machte, daß er als Lehrer mißglückte und hernach als Einsiedler lebte, und die völlige Verständnislosigkeit seiner Zeitgenossen betreffend seiner botanischen Forschungen, die ihm das Liebste waren, trug auch nicht wenig dazu bei. Seine letzten botanischen Schriften konnte er nicht drucken lassen und trieb deshalb in seinen letzten Jahren wieder Philologie, doch, wie es scheint, mit wenig Erfolg.

Das Werk, das wenn auch spät seinen Namen der Nachwelt bekannt gemacht hat, ist im Jahre 1793 erschienen unter dem Titel „Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen". Unter diesem etwas anspruchsvollen Titel hat er eine große Anzahl von Beobachtungen über das Blühen der Pflanzen gesammelt und gründet hierauf eine allgemeine Theorie der Befruchtung im Pflanzenreiche, die noch im wesentlichen heute gilt. Entsprechend seiner theologischen Erziehung war er lebhaft überzeugt von der vom Schöpfer ersonnenen weisen Zweckmäßigkeit der Natur bis in die kleinsten Einzelheiten und machte sich deshalb zur Aufgabe, zu ermitteln, für welche nützlichen Zwecke die verschiedenen Teile und Eigenschaften der Blüte geschaffen wären. Durch seine Beobachtungen wurde ihm zunächst klar, daß die Honigdrüsen der Blüten stets vor Regen geschützt und daß sie oft durch besondere Färbung ausgezeichnet sind. Hieraus zog er den Schluß, daß ihr Zweck sein müsse, Insekten in die Blüten zu locken. Da der Insektenbesuch auch einen Zweck haben müsse, so fand er, wie vor ihm Koelreuter, daß derselbe in der Überführung von Pollen von den Staubfäden auf den Stempel bestehe. Er beobachtete nun im besonderen das Verhalten der Insekten zu den Blüten und sah, daß gewisse Blüten stets von besonderen Insektenformen befruchtet werden und daß die Lage der Honigbehälter in jeder Blüte nicht nur den allgemeinen Lebensbedingungen der Blüte,

sondern auch den Eigentümlichkeiten der sie besuchenden Insekten angepaßt wären. Ferner fand er, daß bei einer Menge Pflanzen mit Zwitterblüten die Staubfäden und Stempel sich in der Tat zu verschiedenen Zeiten entwickeln, so daß die Blüten nicht mit ihrem eigenen Pollen befruchtet werden können, sondern seine Überführung durch Insekten von Blüte zu Blüte nötig ist. Diese Erscheinung nennt er Dichogamie (dieser Name ist noch im Gebrauch) und „Da sehr viele Blumen getrennten Geschlechts und wahrscheinlich wenigstens ebenso viele Zwitterblumen Dichogamisten sind, so scheint die Natur es nicht haben zu wollen, daß irgendeine Blume durch ihren eigenen Staub befruchtet werden solle". Zum Schluß erörtert er klarer. als sonst jemand vor ihm, den Unterschied zwischen Blüten, die durch Insekten, und solchen, die durch den Wind befruchtet werden, und führt auch hinsichtlich der letzteren viele treffende Beobachtungen an.

Der Raum gestattet uns kein weiteres Eingehen auf die zahlreichen scharfsinnigen Einzelbeobachtungen, die Sprengel zur Stütze seiner Theorie anführt. Jedenfalls hat er durch sein Werk einen festen Grund für eines der wichtigsten Gebiete in der Pflanzenbiologie geschaffen und zugleich der Insektenforschung eine Aufgabe von weit größerer Tragweite gewiesen, als es die Systematik und das Sammelinteresse waren. Um so tragischer ist die vollkommene Verständnislosigkeit, mit der sich die Zeitgenossen zu seiner Arbeit verhielten. Die romantischen Naturphilosophen verachteten tief derartige Einzelforschungen, und die folgende Generation, die die mechanistische Naturauffassung des 18. Jahrhunderts zu erneuern bestrebt war, fand kein Gefallen an der Zweckmäßigkeit, die Sprengel im Bau und Leben der Blüten gefunden hatte. Erst Darwins Autorität konnte Sprengel vor dem Vergessenwerden retten, denn Darwin fand in den gegenseitigen Beziehungen der Blüten und Insekten eine Stütze für seine Selektionstheorie und führte selbst Untersuchungen auf diesem Gebiete aus, die im folgenden geschildert werden sollen.

Kapitel XXV.

Beschreibende und vergleichende Anatomie im 18. Jahrhundert.

Die anatomische Wissenschaft des 18. Jahrhunderts erscheint ganz und gar als eine Fortsetzung derjenigen des vorhergehenden Jahrhunderts. Große und bahnbrechende Entdeckungen geschehen nicht, wohl aber werden im einzelnen die erschlossenen Gebiete bearbeitet, und die Forschung weist Namen auf, die von achtungswerter Arbeit, wenn auch nicht von leuchtender Genialität zeugen. Die hervorragendsten unter ihnen sollen im folgenden angeführt werden.

Bernhard Siegfried Albinus war der Sohn eines angesehenen deutschen Arztes, der, nachdem er in Leiden studiert und verschiedene Stellungen in seiner Heimat bekleidet hatte, als Professor nach Leiden zurückkehrte. Sein Sohn Bernhard, der im Jahre 1697 in Frankfurt a. O. geboren war, wurde in Leiden erzogen und verbrachte dort sein ganzes Leben. Bereits im Alter von 24 Jahren wurde er Professor der Anatomie und Chirurgie und unterrichtete in diesen Fächern und in der Physiologie bis zu seinem im Jahre 1770 erfolgten Tode. Von seinen Zeitgenossen wurde er sehr geschätzt und mit Auszeichnungen verschiedener Art bedacht. Er war eben ein gründlich gebildeter Gelehrter mit großen und vielseitigen Kenntnissen. Auch die Geschichte seiner Wissenschaft interessierte ihn, und er besorgte wortgetreue Auflagen von Arbeiten der hervorragendsten Anatomen, Vesalius, Eustacchi, Harvey. Seine eigenen Arbeiten waren umfassend und gründlich. Mit großer Sorgfalt studierte er die Entwicklung des embryonalen menschlichen Skelettes und interessierte sich auch am erwachsenen Körper in erster Linie für das Knochen- und Muskelsystem. Über diese beiden Organsysteme gab er sein großartiges Werk „Tabulae sceleti et musculorum corporis humani" heraus, einen auch an Umfang und Gewicht riesenhaften Atlas, enthaltend eine Reihe prachtvoller Kupferstiche, die nach seinen Angaben von dem hervorragenden Künstler Vandelaar gezeichnet und gestochen waren und den Knochenbau und die Muskulatur des Menschen bis in die kleinsten Einzelheiten wiedergeben. Diese Arbeit, die ihm ein ganzes Vermögen kostete, ist noch heute unübertroffen. Außer als Forscher wirkte Albinus auch als Lehrer, und ihm ist es zu verdanken, daß Leiden noch im 18. Jahrhundert eine Hochschule für anatomische Studien war.

Einer von Albinus' hervorragendsten Schülern war Johann Nathanael Lieberkühn. Im Jahre 1711 in Berlin geboren, wurde er von seinem Vater, der ihn Pfarrer werden lassen wollte, veranlaßt, gegen seinen Willen etliche Jahre Theologie zu studieren. Nach dem Tode des Vaters ging er zur Medizin über, studierte zuerst in Deutschland, dann unter Albinus in Leiden, wo er die Dissertation „De valvula coli" verteidigte. Nach einem Besuch in England und Frankreich ließ er sich in Berlin als praktischer Arzt nieder. Er starb im Jahre 1756. Sein früher Tod und eine ausgedehnte Praxis verhinderten ihn in dem Maße die Wissenschaft zu fördern, als es ihm sonst wohl gelungen wäre. Was er dennoch hat leisten können, sichert ihm jedenfalls einen Platz in der Geschichte der Biologie. Vor allen Dingen war er ein vorzüglicher Techniker, der selbst Mikroskope von ausgezeichneter Güte verfertigte und ebensogut die feinsten Organteile herauszupräparieren verstand, wie er auch die Injektionsmethode beherrschte. Das Berliner anatomische Museum besitzt noch von ihm angefertigte Präparate. Er verwandte das Mikroskop

auch zum Studium von Injektionspräparaten, was vor ihm noch niemand getan hatte. Sein einziges größeres Werk ist seine Darstellung vom Bau des Dünndarmes, in dem er die nach ihm benannten Lieberkühnschen Krypten und die am Boden derselben befindlichen, jetzt Panethsche Zellen genannten Gebilde, deren Drüsennatur er jedoch nicht erkennen konnte, schildert. Die ganze Arbeit zeugt von großer technischer Gewandtheit im Injizieren und Mikroskopieren und ist ein wertvoller Beitrag zur Entwicklung der mikroskopischen Anatomie.

Ein anderer Schüler von Albinus, der weit mehr Ruhm in jener Zeit erntete, war Petrus Camper. Er war in Leiden im Jahre 1722 geboren, studierte daselbst und wurde Doktor der Philosophie und Medizin. Nach einigen Reisen wurde er als Professor an die Hochschule zu Franeker, eine kleine Provinzuniversität, berufen, die nur vier Studenten der Medizin zählte, als er ankam, sehr bald aber sehr viel mehr aufweisen konnte. Nach fünf Jahren erhielt er übrigens eine Professur in Amsterdam, wenig später eine in Groningen, schloß aber bald seine Lehrtätigkeit, um im Haag als Mitglied des Staatsrates am politischen Leben teilzunehmen. Er starb im Jahre 1789.

Camper wird als eine im höchsten Grade imponierende Persönlichkeit geschildert, von glänzender Begabung, aber heftig und despotisch. Er zählte in seiner Zeit zu den hervorragendsten Gelehrten Europas und gewann eine gesellschaftlich und ökonomisch glänzende Stellung. In seiner außerordentlichen Vielseitigkeit erinnert er an Haller. Außer seinen anatomischen Forschungen auf vielen verschiedenen Gebieten beschäftigte er sich mit Chirurgie und Gynäkologie, Hygiene, Rechtsmedizin und Veterinärmedizin und lieferte auf allen diesen Gebieten wertvolle Beiträge. Nebenbei war er ein vorzüglicher Zeichner und hervorragender Kunstkenner. Sowohl kunsthistorisch als auch naturwissenschaftlich interessant sind seine Messungen des Gesichtswinkels bei Menschen verschiedenen Alters und verschiedener Rassen und den zum Vergleich herangezogenen höheren Wirbeltieren. Dieser Winkel, der noch Campers Namen trägt, wird durch zwei Linien gebildet, von denen die eine durch die Ohröffnung und den Boden der Nasenhöhle bestimmt wird, die andere die Stirn berührt und über der Nase abwärts zum äußersten Punkte des Unterkiefers zieht. Als Camper vor der Amsterdamer Malerakademie diese Idee entwickelte, um den Künstlern einen richtigen Begriff von der menschlichen Kopfform zu geben, ahnte er wohl kaum, daß er damit den Grund zu einem ganz neuen Zweige der Wissenschaft legte, der Schädelforschung unserer Tage. In naher Beziehung zu seinem Interesse für den Körperbau des Menschen stehen seine Untersuchungen an Affen, namentlich an den menschenähnlichen. Von dem damals in Europa äußerst seltenen Orang-Utan verschaffte er sich so viele Exem-

plare, als er deren habhaft werden konnte, teils um sie zu sezieren, teils um sie lebend zu beobachten. Durch besonders genaue Untersuchung der Extremitäten und des Schlundkopfes bewies er überzeugend, daß dieses Tier nicht aufrecht gehen könne, wie La Mettrie und andere „Philosophen" jener Zeit glaubten, und auch jedes artikulierten Sprechens unfähig sei. Die Philosophen waren jedoch ohne Zweifel ihrer Sache so sicher, daß anatomische Beweise sie wohl nicht überzeugen konnten, um so mehr als man gegen Camper anführen konnte, daß er in jeder Hinsicht, religiös wie politisch, ein konservativer Mann war.

Überhaupt interessierte sich Camper besonders dafür, fremdländische und seltene Tiere zu untersuchen, und veröffentlichte Monographien über den Elefanten, das Nashorn und das Renntier, die er wegen der weitreichenden Schiffsverbindungen Hollands in anatomisch brauchbaren Exemplaren erlangen konnte. Mehr allgemeines Interesse, als diese Spezialuntersuchungen, erregte seine Erforschung des Vogelskelettes, an dem er zum ersten Male beschreibt, wie die Knochen zwecks Erleichterung des Fluges mit Luft gefüllt sind und wie Luftsäcke im Körper demselben Zwecke dienen. Von großem Interesse sind ferner seine vergleichenden Untersuchungen des Gehörorganes bei Fischen, Walen und Reptilien, in denen er die Fortpflanzung des Lautes in verschiedenen Medien und die Anpassung des Gehörorganes hieran unter genauer Betrachtung der einzelnen Teile des Gehörapparates erörtert. Schließlich hat Camper eine anatomische Untersuchung höchst origineller Art ausgeführt, über die er in seiner Schrift „Über die beste Form für Schuhe" berichtet. Ausgehend von einer genauen Beschreibung des Fußskelettes verurteilt er scharf die unnatürliche Fußbekleidung seiner Zeit und gibt eine Schilderung dessen, was er für die vernünftigste Form für Fußzeug ansieht.

Die Anfänge einer vergleichenden Anatomie, die wir bei Camper finden, zeugen von seinem weiten Blick, denn im allgemeinen begnügten sich seine Zeitgenossen unter den Tierkundigen mit rein äußerlichen Artbeschreibungen im Sinne von Linné. Doch gab es auch einige rühmliche Ausnahmen, unter denen besonders John Hunter und Pallas erwähnt zu werden verdienen.

John Hunter wurde im Jahre 1728 in Schottland als Sohn eines unbemittelten Landmannes geboren. Er verlor früh seinen Vater und erhielt einen höchst mangelhaften Schulunterricht, dessen Folgen sich während seines ganzen Lebens bemerkbar machten, denn er lernte nie richtig schreiben und hatte anfangs auch keinen richtigen Beruf erlernt. 20 Jahre alt kam er schließlich zu seinem älteren Bruder William, der in London ein angesehener Arzt geworden war und den Auftrag hatte, Militärchirurgen auszubilden. Bei den Sektionsübungen, die zu diesem Kursus gehörten, durfte John anfangs assistieren und lernte selbst dabei

mit solchem Erfolge Anatomie, daß er darin bald die Leitung des ganzen Kursus übernehmen konnte. Er bildete sich unter der Leitung seines Bruders und anderer Ärzte weiter aus und erhielt schließlich eine Anstellung als Chirurg bei der englischen Flotte, die während des siebenjährigen Krieges in die spanischen Gewässer segelte. Nach Schluß des Krieges ließ er sich als praktischer Arzt in London nieder, gewann als geschickter Operateur Ansehen und wurde bald wohlhabend. Alle freien Stunden verwandte er auf anatomische und physiologische Studien, und da es seine Einkünfte gestatteten, kaufte er ein Haus und richtete darin ein großes anatomisches Museum ein, dem er all sein Erspartes an Zeit und Geld opferte und das am Ende seines Lebens in der Tat in seiner Art unübertroffen war. Er hielt auch private Vorlesungen über Anatomie, war aber kein hervorragender Lehrer. Als praktischer Arzt dagegen galt er seinerzeit in London für den besten. Er war allgemein als ein redlicher, hilfreicher und wohltätiger Mann bekannt, aber sein persönliches Auftreten verriet seine geringe Bildung, und besonders sein Mangel an Selbstbeherrschung verschaffte ihm viele Feinde. Während eines heftigen Auftrittes mit einigen Kollegen traf ihn der Schlag und er fiel tot hin (1793). Sein Museum wurde vom Staate übernommen und ist noch heute eine von Londons naturwissenschaftlichen Sehenswürdigkeiten. Seine Manuskripte dagegen nahm ein Schwager an sich, nutzte sie aus und verbrannte sie dann, damit das Verbrechen nicht an den Tag käme.

Hunters wissenschaftliche Tätigkeit bewegte sich im wesentlichen im Rahmen der praktischen Medizin, und seine theoretischen Forschungen waren stets bestimmt, als Grundlage für praktische Heilmethoden zu dienen. Auch sein berühmtes Museum sollte diesem Zwecke dienen, und zwar im weitesten Sinne. Er sammelte Tiere jeder Art, sezierte sie, experimentierte mit ihnen und stellte die fertigen Präparate nach anatomischen Grundsätzen auf. Auf diese Weise führte er zum ersten Male im großen die Prinzipien der vergleichenden Anatomie in der Praxis durch und schuf damit ein Vorbild für die zukünftige Forschung, das sehr hoch zu werten ist. Von seinen Schriften ist eine Abhandlung über die Naturgeschichte und die Krankheiten der Zähne von größtem Wert für die Biologie. In dieser gibt er eine systematische Darstellung der Entstehung und des Wachstums der Zähne, die alles frühere weit überragt. In einer Schrift über Blutentzündung und Schußwunden stellt er eine eigentümliche Theorie über das Blut als das Lebensprinzip auf, die er in einigen Vorlesungen über die Muskulatur weiter entwickelt. Er erklärt das Blut für eine Art Urmaterie des Körpers, aus der alle andere Körpersubstanz entstehe. Deshalb könne auch Blut von einer Tierart in eine andere übergeführt werden, was allerdings nach modernen Erfahrungen ein Irrtum ist. Das Leben sei eine Art von unabhängigem Prinzip

im Körper, das seine Auflösung verhindere, — eine Theorie, die an Stahls Ansichten erinnert. — In theoretischer Hinsicht hat Hunter, obschon er einzelne geistreiche Ideen vorgebracht hat, keinen tieferen Einfluß auf die Entwicklung der Biologie gehabt, aber seine Kenntnisse in der vergleichenden Anatomie waren gewiß größer als die irgendeines seiner Zeitgenossen und in vieler Hinsicht haben sie befruchtend gewirkt.

Peter Simon Pallas wurde im Jahre 1741 in Berlin als Sohn eines Arztes geboren, studierte in Berlin, Göttingen und Leiden Medizin und verteidigte an der letztgenannten Universität seine Dissertation über Eingeweidewürmer. Er verbrachte darauf noch einige Jahre in Holland, um zoologische Sammlungen aus den Tropen zu bearbeiten, die er in einer Reihe von Schriften beschrieben hat. Im Jahre 1768 wurde er von der russischen Regierung zur Teilnahme an einer großartigen Expedition aufgefordert, deren Ziel die naturgeschichtliche und wirtschaftliche Erforschung Sibiriens war. Während sechs Jahren reiste Pallas in Sibirien bis in das Amurland und kehrte mit einem gewaltigen naturwissenschaftlichen Material nach Europa zurück, das er in den folgenden Jahren in Petersburg bearbeitete. Im Jahre 1793 wurde er auf eine neue Expedition zur Erforschung des vor kurzem eroberten Gebietes der Krim ausgesandt und lebte dort längere Zeit auf einem ihm von der Kaiserin Katharina geschenkten Gute. Zum Schluß kehrte er nach Berlin zurück, um der gelehrten Welt näher zu sein. Er starb im Jahre 1811.

Pallas' Beiträge zur Entwicklung der Biologie sind außerordentlich vielseitig. In seiner Doktordissertation hatte er alles gesammelt, was damals über die Eingeweidewürmer zu erlangen war und suchte zu beweisen, daß sie von außen in den Menschen eindringen, denn bis dahin war man allgemein der Meinung, sie entständen aus „verdorbenen Säften" im Körper. In seiner Arbeit über die Zoophyten sucht er die Systematik und die Lebensverhältnisse dieser Geschöpfe und ihre Beziehungen zu Tieren und Pflanzen zu erforschen. Er glaubt beweisen zu können, daß die Zoophyten einen wirklichen Übergang zwischen den Tieren und Pflanzen bilden, entsprechend dem alten Satze, daß die Natur keinen Sprung mache. Auch hinsichtlich der Würmer machte er interessante anatomische und biologische Beobachtungen und betont ausdrücklich, wie außerordentlich heterogen Linnés Klasse der Vermes zusammengesetzt wäre. In erster Linie ist Pallas jedoch Wirbeltierforscher. Besonders in seiner „Spicilegia zoologica", einer Sammlung von Monographien in losen Heften, schildert er eingehend eine Menge bis dahin unbekannte höhere Tiere hinsichtlich ihrer Anatomie, Morphologie und Lebensweise. Der Ehrenplatz unter seinen biologischen Arbeiten gebührt jedoch der Arbeit „Über neue Säugetierarten aus der Ordnung der Nagetiere". In dieser Arbeit berichtet er mit einer bis dahin nicht gekannten Gründ-

lichkeit über die von ihm in Rußland und Sibirien angetroffenen neuen Nager, indem er sich bemüht, nicht nur Bestimmungsdiagnosen zu geben, mit denen man sich zu seiner Zeit zu begnügen pflegte, sondern wirklich allseitige Beschreibungen auf Grund genauen Studiums der äußeren Gestaltung mit sorgfältigen Messungen aller Körperteile, gewissenhafter Untersuchung und Abbildung des anatomischen Baues und eingehender Darstellung der Lebensverhältnisse der Tiere. Besonders der anatomische Teil des Werkes ist von großem Wert und bildet wohl die beste bis dahin ausgeführte Untersuchung des inneren Baues bei Gliedern einer ganzen Tierordnung. Wenn auch Vergleichsmomente in dieser Arbeit selten berührt werden, so sind die Beschreibungen gleichwohl so genau und übersichtlich, daß das Ganze als eine gute Vorarbeit für die vergleichende Anatomie unserer Tage anzusehen ist.

Hiermit können wir die Darstellung der Biologie des 18. Jahrhunderts abschließen. Bevor wir jedoch zu den früher schon angedeuteten Kulturerscheinungen übergehen, welche die Voraussetzungen für die Entwicklung der Naturwissenschaften des 19. Jahrhunderts bildeten, muß im folgenden eine Übersicht über die durchgreifende Reform innerhalb eines anderen Gebietes der Naturwissenschaften, die an der Entstehung unserer heutigen Biologie mitgewirkt hat, gegeben werden.

Kapitel XXVI.

Die Entstehung der modernen Chemie und ihr Einfluß auf die Entwicklung der Biologie.

Solange die chemischen Prozesse nach der Phlogistontheorie erklärt wurden, konnte allerdings eine Anzahl von Vorgängen im Bereich der Verbrennung oder Oxydation vorläufig erklärt werden, aber ein tieferer Einblick in die Veränderungen, die die Materie in der lebenden und unbelebten Natur immerfort aufweist, war selbstverständlich nicht möglich. Besonders die qualitative Seite der chemischen Vorgänge war nach jener Theorie ganz unverständlich. Trotzdem aber hielt sie sich während der größeren Hälfte des 18. Jahrhunderts, offenbar deshalb, weil man unter der Voraussetzung ihrer Richtigkeit viele Entdeckungen gemacht hatte, die man sich scheute umzudeuten. Eine genauere Kenntnis der Verbrennungsvorgänge setzte jedoch eine Kenntnis der dabei eine Rolle spielenden Gase voraus, und diese Kenntnis wurde erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts gewonnen. Die Fortschritte auf diesem Gebiete sind hauptsächlich an die Namen Priestley, Cavendish und Scheele geknüpft. Priestley verdient als Entdecker auch auf biologischem Gebiete ausführlicher erwähnt zu werden. Cavendish (1731—1810)

ist hauptsächlich als der Entdecker des Wasserstoffes bekannt, und Scheele (1742—1786) war einer von den genialsten Experimentalforschern aller Zeiten, dem trotz seines kurzen Lebens eine große Anzahl chemischer Entdeckungen gelangen und der besonders durch seine Abhandlung „Über Luft und Feuer" berühmt wurde. Wir kommen in einem späteren Kapitel auf ihn zurück.

Joseph Priestley wurde im Jahre 1733 in einer freikirchlichen Handwerkerfamilie im nördlichen England geboren. Nach Beendigung des geistlichen Seminars seiner Gemeinde war er Prediger in verschiedenen freikirchlichen Gemeinden und zum Schluß in Birmingham. Äußerst radikal in Religion und Politik war er ein Bewunderer der französischen Revolution und setzte sich dadurch persönlichen Verfolgungen aus. Der Pöbel überfiel und plünderte sein Haus, während es ihm mit genauer Not gelang, nach London zu entfliehen. Da er auch dort keine Ruhe fand, wanderte er nach Amerika aus, wo er im Jahre 1804 starb. Priestley begann auf eigene Hand mit chemischen Experimenten und arbeitete während seines ganzen Lebens planlos, indem er alles, was ihm in die Hände fiel, erhitzte und mit Reagentien behandelte; aber er besaß doch eine große Fähigkeit, seine Experimente ordentlich anzustellen und zu beobachten, wodurch ihm bahnbrechende Entdeckungen gelangen. Zu diesen gehört vor allem seine Entdeckung des Sauerstoffgases, das er bei Erhitzung von Quecksilberoxyd fand, und ferner sein Experiment mit der Kohlensäure, die ihn in das Bereich der Pflanzen- und Tierchemie führte. Er fand, daß Ratten in einer durch Wasser abgesperrten Luftmenge durch die Verschlechterung der Atemluft sterben. Verbesserte er die Luft dadurch, daß er zeitweilig grüne Pflanzen in ihr stehen ließ so konnten sie wieder eine zeitlang leben. Durch eine Reihe von Experimenten fand er, daß die durch die Atmung der Tiere verdorbene Luft Kohlensäure oder „fixe Luft", wie er sie nannte, enthielt. Als Theoretiker war Priestley wenig originell und hielt bis an sein Ende an der Phlogistontheorie fest, die damals schon von den meisten Chemikern aufgegeben war.

Das Verdienst, die Verbrennungschemie auf den richtigen Weg geführt zu haben, gebührt Antoine Laurent Lavoisier. Geboren im Jahre 1743 in Paris als Sohn eines Advokaten erhielt er eine sorgfältige Erziehung und besonders guten Unterricht in der Mathematik und den Naturwissenschaften. Er betrat jedoch die Beamtenlaufbahn und wurde mit der Zeit „Fermier général", d. h. Mitglied eines Konsortiums, das von der französischen Regierung die Abgaben gepachtet hatte. Dieses System veranlaßte natürlich viele Mißbräuche, und seine Beamten waren nicht viel besser angesehen als die Zöllner der alten Juden. Zwar hatte Lavoisier sich keiner Unterschleife schuldig gemacht, aber als die Revolution mit seinen Kollegen abrechnete, wurde auch er in ihren Fall ver-

wickelt. Ohne Grund verurteilt, wurde er im Jahre 1794 von den Schreckensmännern hingerichtet. Als seine Verdienste um die Wissenschaft zu seiner Verteidigung angeführt wurden, erwiderte man: „Die Republik braucht keine Chemiker."

Es heißt von Lavoisier, er habe nie einen neuen Stoff oder ein neues Phänomen entdeckt, aber einen neuen Geist in seine Wissenschaft eingeführt. Auch die Wägemethode, auf die er seine Reform gründete, war schon vor ihm von Hales und anderen angewendet worden, aber Lavoisier war der erste, der bei den chemischen Vorgängen konsequent die Gewichtsverhältnisse beobachtete und bei jedem chemischen Prozeß seine Unveränderlichkeit betonte, wodurch die Chemie eine exakte Wissenschaft wurde, gleich der Physik. Er verstand es, Priestleys Entdeckung des Sauerstoffes zur Erklärung der Verbrennung zu benutzen und benannte das Gas, welches früher dephlogistisierte Luft genannt wurde, Oxygen. Ebenso stellte er fest, daß das Wasser aus Sauerstoff und dem von Cavendish entdeckten Wasserstoff bestehe. Außerdem fand er, daß die Wärme unwägbar sei, was noch mehr zur Erklärung des Verbrennungsprozesses beitrug. Die Methode der Wägung wandte er auch auf das Studium von Lebensvorgängen an. Indem er Tiere in eine abgeschlossene Luftmenge einsperrte, konnte er durch Wägung die infolge der Atmung verursachte Veränderung studieren. Er stellte fest, daß der Bestandteil der Luft, der bei der Atmung verbraucht wird, der Sauerstoff ist, und daß dieser in den Lungen gegen Kohlensäure eingetauscht wird. In der Atmung, wie in der tierischen Wärme, sah er chemische Vorgänge und ebenso in der Gärung. Sein Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft kann nicht hoch genug gewertet werden. Die Chemie leitete er in ganz neue Bahnen, denn durch die Entdeckung, daß der Sauerstoff ein für viele chemische Stoffe gemeinsamer Bestandteil ist, konnten diese unter einem Gesichtspunkt zusammengefaßt mit einer Nomenklatur belegt werden, die zum Teil noch heute besteht. Aber auch für die Naturforschung im allgemeinen bedeuteten diese Entdeckungen eine große Umwälzung, da durch sie der Weg zur Erkenntnis der Unzerstörbarkeit der Materie gebahnt wurde. Im Bereich der Biologie betätigte sich Lavoisier in erster Linie durch die Anbahnung einer Klarlegung des Atmungsprozesses, und besonders die Pflanzenphysiologie erfuhr sofort den Einfluß der neuen chemischen Errungenschaften, wie die nun folgenden Beispiele zeigen werden.

Jan Ingenhousz, geboren zu Breda in Holland im Jahre 1730, studierte in Leiden unter Albinus Medizin. Als praktischer Arzt war er besonders durch seine Geschicklichkeit in der Pockenimpfung bekannt, einer Operation, die in jener Zeit keineswegs ungefährlich war, und wurde deshalb auch von fürstlichen Personen in Anspruch genommen, was ihm

glänzende Honorare und Auszeichnungen eintrug. Er starb auf einer Reise in England im Jahre 1799. Ingenhousz hatte während eines früheren Besuches in England Priestleys oben angeführte Versuche mit der „Verbesserung verdorbener Luft“ durch lebende Pflanzen kennen gelernt und beschloß, sie in ausgedehnterer und planmäßigerer Form fortzuführen. Und trotz der Einförmigkeit der Versuchsanordnungen des wenig erfindungsreichen Experimentators, der verschiedene Pflanzenteile unter Wasser hielt und das von ihnen abgesonderte Gas auffing, gelang es diesem doch, eine Menge für die Kenntnis des Pflanzenlebens grundlegende Tatsachen festzustellen. Er fand, daß die Erzeugung „dephlogistisierter Luft“, auf der die Rolle der Pflanzen als Luftverbesserer beruht, eine Eigenschaft nur der Blätter und besonders ihrer unteren Seiten sei, und daß dazu die Bescheinung der Pflanze durch die Sonne nötig wäre, während in der Nacht und auch im Schatten am Tage eine für Tiere tödliche Luftart erzeugt werde, die ebenso von den Wurzeln, Blüten und Früchten gebildet werde und im geschlossenen Raum alsbald einer Kerze das Brennen unmöglich mache. Ingenhousz führte auch quantitative Untersuchungen, wenn auch von recht primitiver Beschaffenheit, aus. Auf diesem Gebiete wurden er und alle anderen Zeitgenossen von einem jungen Forscher weit übertroffen, der allerdings den unschätzbaren Vorzug besaß, Lavoisiers neue Methoden zu kennen und zu benutzen.

Nicolas Théodore de Saussure war 1767 in Genf geboren. Sein Vater war ein angesehener Kaufmann, der sich für Botanik interessierte, aber eigentlich als Geologe bedeutender war. Auch der Sohn wurde Professor der Geologie, wurde später Mitglied des großen Rates der Stadt Genf und erwarb sich großes Ansehen sowohl als Gelehrter, wie auch als Mitbürger. Er starb im Jahre 1845. Er war Chemiker und Physiker, erntete aber jedenfalls am meisten Ruhm durch ein Werk über seine Untersuchungen der Lebensbedingungen der Pflanzen, die er jahrelang fortführte und schließlich 1804 veröffentlichte. Sein größtes Verdienst in diesem Werk besteht darin, daß er zum ersten Male die quantitative chemische Forschungsmethode, wie sie Lavoisier ausgebildet hatte, und ihre Resultate systematisch auf lebende Untersuchungsobjekte anwandte. Saussure hatte dadurch die Möglichkeit, seine Experimente methodischer anzustellen, als seine Vorgänger. Er schloß Pflanzen und Pflanzenteile in ein abgewogenes und genau analysiertes Luftquantum ein und untersuchte die durch ihre Lebensvorgänge verursachten Veränderungen in der Zusammensetzung der Luft, nachdem er sie unter verschiedenen Bedingungen im Lichte und im Dunkeln hatte vegetieren lassen. Er stellte auf diese Weise das Mengenverhältnis zwischen der von den Pflanzen im Lichte aufgenommenen Kohlensäuremenge und der gleichzeitig abgeschiedenen Menge an Sauerstoff fest. Ebenso stellte er

die Sauerstoffmenge fest, die eine Pflanze in der Nacht aufnimmt, und berechnete die Wassermenge, welche im Verein mit der Kohlenstoffaufnahme von der Pflanze bei ihrem Wachstum verbraucht wird. Während er also fand, daß die Pflanze den wesentlichsten Teil ihres Nahrungsmaterials aus der Luft bezieht, stellte Saussure andererseits die Unentbehrlichkeit der mineralischen Bestandteile, die aus dem Boden aufgenommen werden, durch genaue Analysen der Pflanzenasche fest. Schließlich fand er auch, daß der Gehalt der Pflanzen an Stickstoff hauptsächlich in der Form von Ammoniakverbindungen aufgenommen wird. Dagegen irrte aber Saussure, als er im Gegensatz zu Ingenhousz die grüne Farbe der Blätter für unwesentlich in bezug auf die Lebensvorgänge der Pflanzen erklärte, ein Irrtum, der durch das Vorkommen roter Blätter bei gewissen Pflanzenvarietäten hervorgerufen war und sich noch lange in der Wissenschaft hielt.

Während also Lavoisiers neue Methode sofort in der Biologie angewendet wurde und reiche Ergebnisse zeitigte, verlockte sie spekulativer veranlagte Forscher zu kühnen Gedankenflügen, wie sie neue Entdeckungen gewöhnlich im Gefolge haben, und wir werden in der romantischen Naturphilosophie Gedanken wiederfinden, die in ihrer Entstehung auf den großen Umschwung in der Chemie zurückzuführen sind.

Kapitel XXVII.

Kritische Philosophie und romantische Naturanschauung.

1. Kant und seine nächsten Nachfolger.

Der Übergang vom 18. Jahrhundert zu dem folgenden Zeitabschnitte ist durch gewaltsame politische und soziale Umwälzungen gekennzeichnet, die durch die französische Revolution im Jahre 1789 eingeleitet wurden und mit Napoleons Fall im Jahre 1815 ihr Ende fanden. In dieser Periode bildete sich unsere heutige Gesellschaftsordnung aus, die sich durch den Anspruch des einzelnen Staatsbürgers auf das Recht, über seine eigenen Handlungen zu bestimmen und an der Regierung des Staates teilzunehmen, so scharf von der unumschränkten Staatsgewalt in weltlichen und geistigen Dingen des vorhergehenden Zeitabschnittes unterscheidet. Aber auch in rein wissenschaftlicher Hinsicht brachte der Anfang des 19. Jahrhunderts eine durchgreifende Revolution, die, gleich der politischen, im Laufe der Zeit sich vorbereitet hatte. In der Auffassung des 18. Jahrhunderts von der Natur und dem Leben tritt scharf der Gegensatz der beiden im vorhergehenden geschilderten Richtungen, der mechanischen und der mystisch-spiritualistischen, hervor. Aus der ersteren, die ihren Ursprung in der Naturphilosophie und Naturforschung des

17. Jahrhunderts hat und gleich diesen ihren Vorgängern nach rein mechanischer Erklärung der Naturerscheinungen strebt, entwickelt sich gegen Ende des 18. Jahrhunderts, in dem sogenannten Zeitalter der Aufklärung, ein allgemeiner Materialismus jener Art, die wir bei La Mettrie kennen lernten, eine Lebensanschauung, die sich teils in dogmatisch ausgedrückten Theorien vom Dasein als einem Spiel ausschließlich materieller Kräfte, teils auf ethischem Gebiet in einer Lehre von der Freiheit, das Leben unabhängig von überlieferten Geboten und Pflichten zu genießen, ausspricht. Diese Lehre, die in Holbachs populärem Sammelwerk „Système de la Nature" ihre bekannteste Darstellung fand, zeichnet sich durch ihre Bereitwilligkeit aus, alle erdenklichen Fragen nach einem ein für allemal fertigen Schema zu beantworten. Die halsbrechendsten Gedankenkonstruktionen und die elendesten Wortklaubereien gelten voll als wissenschaftliche Beweise, sofern nur die mechanische Naturerklärung gewahrt bleibt. Intellektuelle Oberflächlichkeit und banale Genußmoral waren also die Kennzeichen der sogenannten Aufklärungsphilosophie, die den späteren Generationen ihre Verdienste auf politischem und sozialem Gebiete verschleierten, denn die Aufklärungsphilosophen haben unermüdlich für Humanität und Toleranz im Staatsleben gearbeitet[1]). Parallel mit der Aufklärungsphilosophie entwickelte sich jedoch eine andere ihr ganz entgegengesetzte Naturauffassung, deren Vorgänger Paracelsus und van Helmont und deren wissenschaftlich bedeutendste Vertreter, Stahl, Swedenborg und Caspar Friedrich Wolff, jeder in seiner Art, waren. Diese Anschauungsweise, die während des ganzen 18. Jahrhunderts in verschiedenen Formen auftritt, sieht in den Naturerscheinungen den Ausdruck des Wirkens geistiger Mächte, in der mechanischen Naturerklärung aber nur Beobachtung äußeren Geschehens ohne Berücksichtigung des inneren Zusammenhanges im Dasein, den die geistigen Kräfte bedeuten. Das Streben, die Natur als ein lebendes Ganzes zu betrachten und nach dem Zusammenhang der Erscheinungen zu forschen, auch wenn, äußerlich gesehen, solche nicht zu finden sind, war das hervorragendste Verdienst dieser Richtung, neben dem das Nichtgebundensein an mechanische Prinzipien in vielen Fällen eine größere Freiheit bei der Erklärung einzelner Erscheinungen zuließ, wie Wolffs embryologische und Sprengels botanische Untersuchungen zeigen. Die Schwächen dieser spiritualistischen Naturanschauung bestanden in der oft hervortretenden Neigung, mittels mystischer Formeln oder verworrenen Wortkrams Fragen zu lösen, die Beobachtung und Nachdenken erforderten. Wenn dazu noch diese Natur-

1) In Deutschland stand freilich die Aufklärung in gewisser Hinsicht höher, als in Frankreich, zumal hochgesinnte Männer, wie Lessing und seine Freunde, sich ihr angeschlossen hatten. Aber auch in Deutschland artete diese Bewegung, wenn auch nicht in Genußlehre, so doch in philiströse, trockene Gedankenarmut aus.

mystik in Verbindung mit moralisch-religiösen Spekulationen von gewissen Vereinen und Ordensgesellschaften gefördert wurde, so bildete sich die im höchsten Grade ungesunde „Geheimwissenschaft", welche unter verschiedenen Namen und Formen gegen Ende des 18. Jahrhunderts mit unglaublicher Schnelligkeit verbreitet wurde trotz des Protestes und Spottes von seiten der Männer der Aufklärung.

Neben diesen beiden Denkrichtungen, die wenigstens in ihren Extremen wenig zur weiteren Entwicklung der Wissenschaft beitragen konnten, tritt gegen Ende des 18. Jahrhunderts ein neues Denksystem auf, das eigentlich der wissenschaftlichen Tätigkeit des folgenden Jahrhunderts sein besonderes Gepräge verlieh, nämlich die kritische Philosophie. Ihr Begründer, Immanuel Kant (1724—1804), hat durch sein Lebenswerk zweifellos seit Sokrates und Platon den größten Beitrag zur Geschichte des menschlichen Denkens geliefert, und sein Wirken verdient aus diesem Grunde auch in der Geschichte der Biologie Beachtung. Kant wurde geboren, lebte und starb zu Königsberg i. Pr., wo er Professor der Philosophie war, und sich ganz seiner Denker- und Lehrtätigkeit widmete. In seiner Jugend hatte er neben der Philosophie exakte Wissenschaften, namentlich Physik und Mathematik, studiert, und interessierte sich während seines ganzen Lebens für Naturforschung und nicht wenig für Biologie. Seine ersten Abhandlungen betrafen somit auch mechanische und kosmologische Fragen. Die bekannteste unter ihnen ist seine im Jahre 1755 herausgegebene „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels", in der er versucht, eine mechanische Theorie der Entstehung des Weltalls aufzustellen. In dieser Hinsicht waren Swedenborg und Buffon seine Vorgänger gewesen, und Buffon, dessen kosmologische Theorie im vorhergehenden erwähnt wurde, scheint ihn in erster Linie beeinflußt zu haben. Im Gegensatz zu dieser nimmt er an, daß das Planetensystem sich aus einer Ansammlung von Stoffpartikeln gebildet hat, die sich im Weltraum bewegten und alsdann konzentrierten. Diese Theorie, deren Einzelheiten hier übergangen werden können, zumal sie oft referiert worden ist, zeugt von Kants Bestreben, eine mechanische Erklärung des Daseins zu finden. Gegen das Ende der Arbeit vertieft er sich jedoch, wahrscheinlich unter dem Einfluß von Swedenborg, in phantastische Spekulationen über das Leben auf anderen Himmelskörpern, indem er meint, daß die entfernteren Planeten, Jupiter und Saturn, von Wesen mit höherer Intelligenz als der Mensch bewohnt seien, denn die Bewohner fernerer Planeten müßten aus einer leichteren Materie bestehen, damit die schwächere Sonnenwärme dort sie dennoch in Bewegung versetzen könne, und je leichter das Körpermaterial, desto größer müsse die Intelligenz sein, da schwere Körperfasern und dicke, „schwer kochende" Säfte geringe Begabung bedingten. Am wunderlichsten ist,

daß er sich auf Newtons Berechnungen zur Stütze dieser Theorie beruft, die an die ältesten griechischen Naturphilosophen gemahnt. Kant arbeitete sich jedoch bald aus diesen Phantasien heraus, und in einer 10 Jahre später erschienenen Schrift „Träume eines Geistersehers" macht er seine Rechnung mit Swedenborg und gleichzeitig mit allen metaphysischen Spekulationen über das Verhältnis zwischen Geist und Körper. Er prüft ironisch alle alten Theorien über den Sitz der Seele bald im ganzen Körper, bald in einem kleinen Teile des Gehirnes, und konstatiert zum Schluß, daß es unmöglich sei, die Art der Einwirkung der Seele auf den Körper zu bestimmen, oder zu wissen, ob es geistige Wesen ohne materielle Dimensionen geben könne. Die Vernunft könne so etwas ebensowenig entscheiden wie die Frage, wie etwas eine Ursache sein, oder eine Kraft haben kann. Alles das seien Dinge, die man nur aus Erfahrung wissen könne, und die angeblichen Erfahrungen einzelner Personen, wie die Offenbarungen Swedenborgs, könnten, da sie vereinzelt dastehen, keine Grundlage für einen Erfahrungssatz abgeben. Er schließt mit dem Hinweise, daß es gewiß viele Dinge gäbe, die wir nicht begreifen, aber auch unendlich viele, die wir nicht brauchen. Wir müßten uns klar machen, was wir zu wissen nötig haben, und was wir in dieser Hinsicht entbehren können, oder müssen.

Nachdem sich Kant von der Haltlosigkeit der alten metaphysischen Spekulationen überzeugt hatte, widmete er mehr als ein Jahrzehnt der Erforschung der Grenzen und Bedingungen des menschlichen Erkenntnisvermögens überhaupt. Diese Forschungen veröffentlichte er in seiner im Jahre 1781 erschienenen „Kritik der reinen Vernunft", einer der bahnbrechendsten Arbeiten in der ganzen Entwicklungsgeschichte der Menschheit. In ihr beabsichtigt Kant, und zum Teil ist es ihm auch gelungen, den Grund zu einer neuen Philosophie zu legen, nicht nur zur Befriedigung des Wissensdranges der Menschen, sondern auch als Grundlage ihrer sittlichen und religiösen Bestrebungen. Die vielen verschiedenen Gesichtspunkte, aus denen er die menschliche Gedankenarbeit beurteilt, und die Gesetze, die er für sie aufstellt, können natürlich hier nicht beachtet werden. Von Wert für die spätere Entwicklung der Naturwissenschaft ist in erster Linie sein Versuch festzustellen, mit welcher Berechtigung die Naturwissenschaft überhaupt als Verkündigerin der Wahrheit hinsichtlich des Wissens von der Natur auftreten kann. Kant erörtert zuerst den Raum- und Zeitbegriff und findet, daß beide nicht in der Erfahrung, sondern in der menschlichen Natur selbst ihren Grund haben, denn alle Erfahrung beruhe im Gegenteil darauf, daß wir die Begriffe von Raum und Zeit haben, die uns eigen sind. Und dieselbe Rolle, die Zeit und Raum in unserer Anschauung spielen, spielt der Begriff der Ursache in unserem Verstande. Das Wissen, das wir durch Erfahrung er-

werben, ist ein Wissen von den Phänomenen, die uns so erscheinen, weil unsere Organisation eine solche ist, wie sie ist. Wie aber die Dinge, welche die Phänomene hervorrufen, in sich selbst beschaffen sind, darüber können wir nie eine Gewißheit erlangen. Die Naturwissenschaft ist also eine Kenntnis von der Wirklichkeit, wie wir sie beobachten, nicht aber von der Wirklichkeit, wie sie an und für sich ist. Die Naturgesetze haben ihren Grund in unserem Erkenntnisvermögen und sind bindend, weil gewisse Grundeigenschaften des letzteren bei allen Menschen gleich sind. „Die Naturwissenschaft wird uns niemals das Innere der Dinge, d. i. dasjenige, was nicht Erscheinung ist, ... entdecken; aber sie braucht dieses auch nicht zu ihren physischen Erklärungen; ja, wenn ihr auch dergleichen anderweitig angeboten würde (z. B. Einfluß immaterieller Wesen), so soll sie es doch ausschlagen und gar nicht in den Fortgang ihrer Erklärung bringen, sondern diese jederzeit nur auf das gründen, was als Gegenstand der Sinne zur Erfahrung gehören und mit unseren wirklichen Wahrnehmungen nach Erfahrungsgesetzen in Zusammenhang gebracht werden kann.“ Außerhalb jeder vernunftmäßigen Erkenntnis liegen dagegen alle solchen Dinge, über die die Erfahrung durch die Sinne kein Wissen vermitteln kann, wie Seele, Welt, Gott an und für sich sind. Über diese Dinge können wir also nichts wissen, weder ihr Sein oder Nichtsein beweisen. Aber trotzdem können wir sie, wenn es unser Gefühl verlangt, als vorhanden betrachten und sind berechtigt, an einen Gott, an die Unsterblichkeit der Seele und die Freiheit des Willens zu glauben, und die Vernunft hat kein Recht, einen solchen Glauben als unsinnig zu verwerfen. Diese Dinge gehören nämlich in das Bereich der praktischen Vernunft, d. h. des Gefühls für Pflicht und Gerechtigkeit, das nach Kants fester Überzeugung jedem Menschen innewohnt und uns sagt, nicht warum wir so oder so handeln, sondern wie wir handeln müssen, um den Geboten des in uns wohnenden Rechtsgefühles nachzuleben. — Selbst war Kant trotz seiner strengen Kritik des menschlichen Seelenlebens eine durchaus ideal veranlagte Persönlichkeit, schwärmte für Menschenrechte und soziale Gleichstellung und hoffte auf einen zukünftigen Weltfrieden. Das Höchste, was er wußte, pflegte er auszudrücken mit den Worten: „Der bestirnte Himmel über mir, das moralische Gesetz in mir.“ Diese Worte stehen auch über seinem Grabe.

Kant hat durch seine kritische Philosophie tief in die Kulturentwicklung der Menschheit überhaupt und nicht zum mindesten in die Entwicklung der Naturwissenschaft eingegriffen. Durch seine Kritik befreite er die Biologie von der so oft gestellten und nie gelösten Frage vom Verhältnis zwischen Seele und Körper. Die biologische Forschung erhielt als ihre ausschließliche Aufgabe die Ergründung des materiellen Verlaufes der Lebenserscheinungen zugewiesen, und die geistige Seite

des Seelenlebens wurde der mit ganz anderen Methoden arbeitenden psychologischen Wissenschaft überwiesen. Aber auch in mancher anderen Hinsicht hat Kants kritische Philosophie einen Einfluß auf die Entwicklung der Biologie ausgeübt, und viele von den hervorragendsten Biologen des 19. Jahrhunderts, wie z. B. Johannes Müller, um nur einen der größten zu nennen, waren eifrige Anhänger von Kant. Auch Kants Kritik der praktischen Vernunft hat direkt auf die Entwicklung der Naturwissenschaft eingewirkt. In ihr wird festgestellt, daß die Vernunft die persönlichen Glaubens- und Gewissensanschauungen des Menschen weder beweisen, noch widerlegen kann, daß also jeder Versuch, den einzelnen Menschen hinsichtlich dessen, was er hoch und heilig zu halten habe, zu beeinflussen, unberechtigt und unvernünftig ist, gleichviel, ob es seitens der Kirche oder im Namen der Wissenschaft geschieht. Dieser Grundsatz, so vernünftig und gerecht er auch ist, hat sich schwer durchsetzen können, und noch bis in unsere Tage dauert der Zwist zwischen „Glauben und Wissen" fort, gelegentlich wieder angefacht durch die Forderung von Kirchengemeinschaften, ihren Bekenntnissen den Wert absoluter Wahrheit beizumessen; und besonders die katholische Kirche hat aus diesem Grunde Kant und seine Philosophie in den Bann getan. Aber schon seine Zeitgenossen hatten es schwer, sich mit der strengen Selbstbeherrschung auszusöhnen, die Kant dem menschlichen Denken auferlegt, denn daß man nichts vom „Ding an sich" wissen könne, verdroß nicht nur die alten Aufklärungsphilosophen, die Kants Gedanken schwerverständlich und spitzfindig fanden, sondern auch die Anhänger des mystisch-romantischen Strebens nach einer einheitlichen, allumfassenden Auffassung des Daseins. Besonders die Denker der letztgenannten Richtung versuchten, indem sie gewisse von Kants Sätzen annahmen, dem menschlichen Wissen über den Gegensatz zwischen dem menschlichen Bewußtsein und dem Ding an sich hinüberzuhelfen. Bestrebungen dieser Art füllen in der Tat den Beginn des 19. Jahrhunderts aus und geben nicht nur allen Naturwissenschaften, sondern auch der ganzen menschlichen Kultur jener Periode ihr besonderes Gepräge.

Johann Gottfried Herder (1744—1803) war Landsmann und Schüler von Kant. Er wurde Pfarrer und als solcher in Riga angestellt, reiste darauf einige Jahre in Europa und wurde schließlich auf Goethes Empfehlung Hofprediger in Weimar. Enthusiastisch und reizbar, wie er war, hatte er es schwer, mit anderen Menschen in Frieden zu leben, und war auch zeitweilig mit Goethe entzweit, doch versöhnten sie sich wieder. Als Dichter und Erforscher des Volksliedes hat Herder einen großen Beitrag zur Entwicklung der Literatur geliefert. Als ausgeprägter Romantiker schwärmte er für eine einheitliche Auffassung des Daseins, wobei Spinoza sein vornehmster Lehrmeister war. Er suchte dessen Schriften

aus der Vergessenheit hervor und begeisterte sich besonders für das Mystische in ihnen, während Kants Kritik ihm wenig zusagte. In seiner Hauptarbeit „Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit" suchte Herder nachzuweisen, wie ein und derselbe Geist die ganze Natur beherrsche, wie alle lebenden Wesen nach einem gemeinsamen Grundplan geschaffen wären und wie ihre verschiedenen Eigenschaften den wechselnden Aufgaben im Dasein entsprächen, das seine höchste Vollkommenheit im Menschen erreiche. In dieser ganzen Auffassung ist Herder der Vorgänger der romantischen Naturphilosophie, die auch in der Biologie ihre tiefen Spuren hinterlassen hat.

Johann Gottlieb Fichte (1762—1814) wird im allgemeinen für den ersten rein romantischen Philosophen gehalten. Ein Sohn armer Eltern, wurde er nach schweren Entbehrungen zuerst in Jena Professor, wo er wegen seiner strengen, sittlichen Grundsätze mit Professoren und Studenten in Streit geriet und schließlich wegen „Atheismus" abgesetzt wurde. Darauf war er Professor in Berlin, wo er in der Zeit der napoleonischen Gewaltherrschaft kräftig für Hebung der Sittlichkeit und des Nationalgefühls wirkte. Auch seine Philosophie betrifft meist das ethische Gebiet und für die Geschichte der Biologie ist sie bloß von indirekter Bedeutung, da er der Lehrer Schellings, des Schöpfers der Naturphilosophie war. In seinen philosophischen Spekulationen geht Fichte von Kant aus, wird aber auch von Spinoza beeinflußt. Kant lehrte bekanntlich, daß unser Bewußtsein uns die Vorstellung von den Dingen gäbe, die wir besitzen, daß aber das Ding an sich uns nicht bekannt wäre. Fichte geht auch vom Bewußtsein aus, aber leugnet das Ding an sich. Er meint das Bewußtsein oder das „Ich", wie er es nennt, sei das einzig wirklich Existierende, das erst durch sein Wirken das Dasein außer ihm entstehen lasse, — „das Ich setzt das Nichtich" lautet der oft zitierte Ausdruck, der besonders die schaffende Wirkung im Auge hat, die der sittliche Wille des Menschen ausübt, denn in Fichtes unerhört abstrakten und schwer verständlichen Spekulationen bildet überall der sittliche Wille als das wirkliche Ich des Menschen den Mittelpunkt. Aber außer dem individuellen Ich nimmt Fichte ein „absolutes Ich", eine Art Weltseele an, die nur durch „intellektuelle Anschauung", eine Art mystischer Hingebung nach Spinozas Beispiel, vom Menschen erreicht werden kann. Diesen Gedanken hat Schelling weiter entwickelt und zu einem Grundstein seiner Naturphilosophie gemacht.

Friedrich Wilhelm Joseph Schelling wurde zu Leonberg in Württemberg im Jahre 1775 geboren. Er war der Sohn eines Pfarrers und sollte ebenfalls Geistlicher werden. Nach glänzend beendigtem Schulbesuch wurde er mit 15 Jahren Student und war mit 20 Jahren bereits Doktor der Philosophie und Theologie. Seine ersten philosophischen

Studien galten Spinoza, Kant und Fichte. Nachher hielt er sich eine zeitlang als Hauslehrer in Leipzig auf und studierte dort Naturwissenschaften, besonders Chemie und Physik. Im Alter von 22 Jahren gab er ein Werk heraus, „Ideen zu einer Philosophie der Natur", das ihn zum berühmten Mann machte und ihm einen Ruf nach Jena verschaffte. Goethe, der sich sehr für das Werk interessierte, hatte ihn der Regierung von Sachsen-Weimar empfohlen, und in Jena kam er in einen Kreis genialer Männer und Frauen mit ausgesprochen romantischen Ansichten in Wissenschaft und Kunst. Besonders großen Einfluß hatte auf ihn Caroline Michaelis, eine begabte und energische Frau, die, obgleich sie 12 Jahre älter war als er und eine recht abenteuerliche Vergangenheit hatte, seine Frau wurde und in hohem Grade seine Schriftstellerei beeinflußte. Nach ihrem Tode im Jahre 1809 war es eigentlich auch mit Schellings Einfluß vorbei. Jena, wo er sich durch seinen unerhörten Übermut viele Feinde schuf[1]), hatte er schon 6 Jahre früher verlassen und war Professor in Würzburg geworden. Darauf lebte er eine längere Zeit in München als Sekretär der Akademie und wurde schließlich im Jahre 1841 nach Berlin berufen, um mit seiner romantischen Philosophie dem zunehmenden Radikalismus entgegenzuwirken. Trotzdem die Regierung ihn unterstützte, erlitt er doch eine vollkommene Niederlage. Seine Feinde gaben seine Vorlesungen mit spöttischen Anmerkungen heraus, und er räumte das Feld, indem er sich von jeder öffentlichen Tätigkeit zurückzog. Er starb im Jahre 1854. In seinem Charakter herrschten prahlerische Eitelkeit und zügellose Heftigkeit neben begeistertem Glauben an die Lehren, die er verkündete. Die frühen Erfolge hatten ihn verwöhnt, und als später Gegner auftraten, die sich nicht durch seine stolzen Gebärden und seine übermütige Polemik schrecken ließen, erschlaffte seine Schöpferkraft vollkommen. Die Denkerarbeit, welche seinen Ruhm begründete, hörte schon vor seinem 30. Jahre auf, und in dem halben Jahrhundert, das er noch darüber hinaus lebte, fügte er nichts zu seinem Ruhme hinzu.

Schelling ging als Denker von Spinoza und Fichte aus. Mit Kant dagegen sympathisierte er wenig, da dessen strenge Begrenzung der Erkenntnisfähigkeit des Menschen in direktem Gegensatz zu dem stand, was Schelling wollte und zu erreichen sich getraute. Zu Fichte stand er anfangs im Verhältnis eines treuen Schülers, das er jedoch später ganz abbrach. Von diesem Lehrer übernahm er den Grundsatz vom Ich als Ausgangspunkt für alles in der geistigen und in der materiellen Welt. Den größten Einfluß hat jedoch Spinoza auf Schelling ausgeübt durch seine Lehre, daß Geist und Materie nur verschiedene Formen einer und

1) Mit ein paar seiner Feinde geriet er in eine so heftige Polemik, daß alle für Schmähung gestraft wurden.

derselben „Substanz“ seien, und den daraus abgeleiteten Schluß von der Gültigkeit der Gesetze der menschlichen Vernunft auch in der Natur. Als Schelling hernach in Leipzig mit der Naturwissenschaft bekannt wurde, besonders mit der in rascher Entwicklung befindlichen Chemie, erwachte in ihm das Verlangen, gleich Spinoza ein allgemeines, das ganze Dasein umfassendes Gedankensystem zu schaffen, das den Zusammenhang zwischen der Welt der Natur und der des Geistes zeigen sollte, indem die natürliche Welt aus der geistigen und andererseits die Welt des Geistes aus der der Natur abgeleitet werden sollte. Das letztere wurde Schellings eigentliche Naturphilosophie, die er an einer Stelle den „Spinozismus der Physik“ nennt. Es sollte hierdurch eine neue Naturwissenschaft entstehen, die nicht bloß einzelne Phänomene beobachten und aus diesen allgemeine Grundsätze ableiten, sondern in der Tat die Grundkräfte begreifen sollte, die alles Geschehen in der Natur veranlassen. Dieses Programm ist also das genaue Gegenteil von dem, welches Bacon theoretisch und Galilei praktisch für die Naturforschung entwickelten und dem man seitdem gefolgt war. Gegen diese Naturforschung hegt Schelling indessen die tiefste Verachtung; er bezeichnet an einer Stelle Bacon, Newton und Boyle als Verderber der Naturwissenschaft, und auch Lavoisier wird nicht milder beurteilt. Daß der sogenannte Spinozismus, den Schelllng an ihre Stelle setzen wollte, eine dogmatische Gedankenkonstruktion werden mußte, lag in der Natur der Sache. Außerdem wurde er aber noch unklar und lückenhaft, weil es Schelling ganz und gar an Geduld und Konsequenz in der Durcharbeitung der Einzelheiten gebrach. Wegen seines großen Einflusses auf die Entwicklung der Biologie muß hier jedoch der Versuch gemacht werden, Schellings System zu charakterisieren.

In einer Abhandlung unter dem Titel „Darstellung meines Systems“, in der Schelling nach Spinozas Beispiel eine Reihe von Thesen und Beweisen aufstellt, jedoch ganz ohne die streng bindende Folgerichtigkeit, die jeden Satz des großen jüdischen Denkers auszeichnet, charakterisiert er zuerst die „absolute Vernunft“ als „eine totale Indifferenz des Subjektiven und Objektiven“, die man erreichen kann, wenn man an die Vernunft denkt und dabei völlig vom Denkenden selbst absieht. Das ist wohl im Grunde dasselbe, wie die mystische Anschauung, mit der Spinoza schließt und Schelling, was bezeichnend genug ist, beginnt. Außer dieser Vernunft gibt es nichts, und in ihr ist alles. Das höchste Gesetz für das Vorhandensein der Vernunft ist das Identitätsgesetz oder $A = A$. „Die absolute Identität kann nicht unendlich sich selbst erkennen, ohne sich als Subjekt und Objekt unendlich zu setzen. Dieser Satz ist durch sich selbst klar.“ So entsteht also der Gegensatz zwischen Subjekt und Objekt, womit, wie wir wissen, Kant das Bewußtsein meinte,

das auffaßt, und das Ding, das aufgefaßt wird, und worunter Schelling vermutlich dasselbe versteht. Weiterhin wird die absolute Identität dem Universum gleichgesetzt, worauf Subjekt und Objekt mit $A = B$ bezeichnet werden, und schließlich wird die Materie gleich $A = \overset{+}{B}$ gesetzt, weil in der Materie das Objektive überwiegt. Dann wird die absolute Identität wieder mit dem Licht verglichen, wobei Newtons Spektraluntersuchungen stark verhöhnt werden und Goethe für seine optischen Untersuchungen gepriesen wird. Aus der Materie hingegen werden Schwerkraft, Kohäsion und Magnetismus abgeleitet: „Die Materie im ganzen ist als ein unendlicher Magnet anzusehen“, und daraus wird geschlossen: „alle Körper sind bloße Metamorphosen des Eisens.“ Elektrizität und Magnetismus werden identifiziert auf Grund einer Ableitung, auf die wir hier nicht näher eingehen können, ebensowenig wie auf die Ableitung der Wärme aus dem obigen. Aus der absoluten Identität wird schließlich auch der Organismus abgeleitet, und als eine Probe Schellingscher biologischer Spekulation mag hier zum Schluß ein Paragraph seiner Abhandlung im Wortlaut angeführt werden (die Sperrung ist von Schelling):

„*Der potenzierte positive Pol der Erde ist das Gehirn der Tiere, und unter diesen des Menschen.* Denn da das Gesetz der Metamorphose nicht nur in Ansehung des Ganzen der Organisation, sondern auch in Ansehung der einzelnen gilt, das Tier aber der positive (Stickstoff) Pol der allgemeinen Metamorphose ist, so wird im Tier selbst wieder das höchste Produkt der Metamorphose der vollkommenste Pol sein. Nun ist aber (wie bekannt) das Gehirn das höchste Produkt“ usw. „Also —“ usw.

Anmerkung 1. Der Beweis dieses Satzes ist freilich nicht aus den chemischen Analysen zu führen, aus Gründen, welche künftig allgemein eingesehen werden.

Anmerkung 2. Das Bestreben der Metamorphose im Tierreich geht, wie aus dem bisherigen leicht zu schließen ist, notwendig durchgängig auf die reinste und potenzierteste Darstellung des Stickstoffs. — Dieses geschieht in dem gebildeten Tier fortwährend durch den Prozeß der Assimilation, der Respiration, welche bloß dazu dient, den Kohlenstoff vom Blut loszureißen; ruhiger und nicht mehr in einem stetigen ununterbrochenen Prozeß, gleichsam als ob die Natur über sich schon zu Ruhe gekommen wäre, durch die sogenannte willkürliche Bewegung. — Das erste ruhende Tier stellt die bereits ganz aus sich selbst herausgekommene Erde dar; mit der vollkommensten Gehirn- und Nervenmasse aber ist ihr Innerstes entfaltet und das Reinste, das die Erde der Sonne gleichsam als Opfer darbringen kann.

Zusatz 1. Das Geschlecht ist die Wurzel des Tieres. Die Blüte das Gehirn der Pflanzen.

Zusatz 2. Wie die Pflanze in der Blüte sich schließt, so die ganze Erde im Gehirn des Menschen, welches die höchste Blüte der ganzen organischen Metamorphose ist."

Das Angeführte mag genügen. Wer mehr davon begehrt, mag im Original nachlesen, dessen 159 Paragraphen teils etwas weniger, teils etwas mehr absonderlich sind, als der oben angeführte. Ganz und gar außerhalb des Rahmens unserer Schilderung fällt die Transzendentalphilosophie Schellings, die auf eine Verherrlichung der Kunst, als der Identität des Bewußten und Unbewußten hinausläuft, und in der er sich ohne Zweifel freier bewegen konnte, als in der Naturwissenschaft.

Aber auch in Hinsicht der Naturphilosophie wäre es vollkommen unhistorisch, Schelling als halbverrückten Narren abzutun, wie das oft genug geschehen ist. Schon der unerhört große Einfluß, den er auf seine Zeitgenossen ausübte, verbietet solches. Und es muß sogar zugegeben werden, daß sich unter allen Gleichungen und Ableitungen, die sein System bilden, etliche wirklich geniale Ideen finden, die, obwohl aufs Geratewohl ausgesprochen, doch sicher einen Einfluß auf die spätere Entwicklung gehabt haben. So kann man wenigstens vermuten, daß Schellings Zusammenstellung von Elektrizität und Magnetismus nicht ohne Einfluß auf Örsted waren, der bekanntlich auf dem Wege des Experimentes den Elektromagnetismus entdeckte und in der Jugend ein großer Bewunderer von Schelling war. Ferner muß hier angeführt werden, daß Schelling einen scharfen Blick für den physiologischen Gegensatz zwischen den Pflanzen und Tieren hatte, der in der Sauerstofferzeugung der ersteren und dem Sauerstoffverbrauch der letzteren besteht. Die Bedeutung dieses Gegensatzes im allgemeinen Haushalt der Natur hat er klar erfaßt und ausgesprochen, allerdings mit dem barocken Nachsatz, die Pflanzen hätten kein Leben, denn sie entständen nur durch die Entwicklung des Lebensprinzips und hätten bloß einen Anschein von Leben „im Moment dieses negativen Prozesses". — Der ganze wunderliche Gedankenbau, den Schelling aufführt, läßt sich einesteils erklären durch die großen Ausblicke, die die neue Chemie der Gase der Forschung und der Spekulation eröffnet hatte, denn sind nicht auch in unserer Zeit Hoffnungen auf Lösung des Lebensrätsels an größere naturwissenschaftliche Entdeckungen geknüpft worden. Andererseits trug dazu bei der Übergang von kritischer zu dogmatischer Philosophie, den Fichte mit seiner Theorie vom Ich als dem Urgrund aller Dinge vollzog, und der durchaus im Einklang stand mit der romantischen Stimmung, die jener Zeit besonders in Deutschland so eigentümlich war. Man schwärmte für eine einheitliche Auffassung des Daseins, man suchte nach geistigen Kräften in der Natur, man hatte sich an mystische Träumereien gewöhnt, die von einer Menge geheimer Ordensgesellschaften verbreitet wurden,

und allen diesen Bestrebungen kam Schelling entgegen durch seine Erklärung des Daseins als der „absoluten Identität", eine Erklärung, die übrigens nicht dogmatischer, aber sicher stimmungsvoller war, als der Materialismus von La Mettrie und seinen Nachfolgern, den Naturphilosophen des vorhergehenden Zeitabschnittes. Was vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus Schellings Naturphilosophie unbrauchbar macht, ist letzten Endes ihre absolute Wertlosigkeit in praktischer Hinsicht. Denn wenn es das Ziel der Naturwissenschaft ist, die Herrschaft des Menschen über die Natur zu erweitern und zu befestigen, und das ist es in der Tat seit den Tagen eines Aristoteles und Hippokrates gewesen, so war das meiste von Schellings Bemühungen vergebens, soviel Genie er auch an sein Werk verwendet hat. Aber auch als rein spekulative Gedankenkonstruktion leidet sein Werk an schweren Gebrechen, Inkonsequenz, gewagten Schlüssen und mangelndem Zusammenhang. Das alles nahm Schelling leicht, denn er war ja Genie und Künstler, und die Arbeit solcher geschieht ja nach seiner Theorie halb unbewußt und frei von der Pedanterie des Alltagsmenschen. Diese Fehler waren es aber gerade, die den Einfluß seiner Philosophie zunichte machten. Sie wurde von einem anderen System überholt, dem Hegelschen, das zwar ebenso abstrakt und fremd der Wirklichkeit war, aber weit folgerichtiger durchdacht und außerdem den, von naturwissenschaftlicher Seite gesehen, unleugbaren Vorzug hatte, nicht die Natur in seine Spekulationen hineinzuziehen.

Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770—1831) war Landsmann und Studiengenosse von Schelling und stand, obgleich er älter an Jahren war, anfangs unter dem Einfluß seines frühreifen Freundes. Mit der Zeit jedoch arbeitete er sich durch zu einer selbständigen Auffassung der Dinge und veröffentlichte in seiner ersten selbständigen Arbeit eine scharfe Kritik über Schellings Theorie des Absoluten, die er bezeichnet als eine „Naivität der Gedankenleere, eine Nacht, wo alle Kühe schwarz sind". Hegel wurde schließlich Professor in Berlin, wo er viele Schüler hatte, welche er in strenger Zucht hielt. Was seinen Schülern und Zeitgenossen außer seiner befehlenden Herrscherpersönlichkeit am meisten imponierte, war die großartige Konsequenz, die er in seinem Gedankensystem zum Ausdruck brachte. Seine dialektische Methode, nach der jeder Begriff seinen Gegensatz hat, die beide zu einem höheren Begriff vereinigt werden, hat indessen mit unserem Thema nichts zu schaffen, zumal Hegel und seine Schüler die tiefste Verachtung für die Natur und ihr Studium hegten, was seinerzeit dazu führte, daß die Naturwissenschaftler hingegen begannen alles, was Philosophie hieß, für leeres Geschwätz über leere Begriffe zu halten[1]). Dagegen erwarb sich Hegel

---

1) Daß aber trotzdem auch richtige Naturforscher von Hegel beeinflußt werden konnten, beweist Nägeli, von dem im folgenden die Rede sein wird.

große Verdienste um das Studium der Geschichte, indem er aufforderte, nicht nur die Ereignisse zu erörtern, sondern auch die sie bedingenden geistigen Bewegungen.

Obschon also Schelling auf theoretischem Gebiete geschlagen war, so blieb doch seine Naturphilosophie weiter bestehen als die allgemeine Lebensanschauung einer ganzen Generation von Naturforschern seiner Zeit. Die Ursache dieser eigentümlichen Erscheinung ist teilweise darin zu suchen, daß es an einer anderen ebenso umfassenden Naturerklärung fehlte, und eine solche war damals nun einmal für alle Welt eine Lebensbedingung. Viel trug auch dazu der Umstand bei, daß Schellings Naturphilosophie von einem Manne geschätzt wurde, der bei seinen Zeitgenossen als Autorität auf allen Gebieten der Kultur galt, nämlich Goethe, dem Dichter, dem Universalgenie. Er hat bekanntlich auch auf dem Gebiete der Biologie seinen Einfluß ausgeübt, und dieser Teil seiner Tätigkeit soll im folgenden geschildert werden.

2. Goethe.

Johann Wolfgang Goethe wurde im Jahre 1749 als der Sohn wohlhabender bürgerlicher Eltern in Frankfurt a. M. geboren. Er studierte Jura, zuerst in Leipzig, dann in Straßburg, war nach Beendigung des Studiums eine zeitlang Advokat und wurde gleichzeitig als Dichter bekannt. Im Jahre 1775 kam er an den literarisch interessierten Weimarer Hof und erlangte dort dank seiner glänzenden inneren und äußeren Vorzüge eine leitende Stellung, und zwar nicht nur als Dichter und Leiter der Vergnügungen des Hofes, sondern auch als Beamter. Eine lange Zeit regierte er als erster Minister das Herzogtum Sachsen-Weimar und mit Erfolg. Im Jahre 1786 trat er eine zweijährige Reise nach Italien an, die für seine naturwissenschaftliche Tätigkeit ausschlaggebend wurde. Nach seiner Heimkehr zog er sich immer mehr von dem öffentlichen Leben zurück und widmete sich ganz der Dichtung und Wissenschaft. Tätig und im Vollbesitz seiner geistigen Kräfte erreichte er ein hohes Alter. Er starb im Jahre 1832.

Schon als Kind zeigte Goethe ein lebhaftes Interesse für die Natur, untersuchte Blumen und stellte elektrische und magnetische Versuche an. In seiner Dichtung tritt auch von Anfang an das Interesse für die Natur zutage, eine Fähigkeit, ihr Leben in den verschiedensten Wechselfällen zu schildern, die in hohem Grade zu seinem Ruhme beigetragen hat. Während seiner Studienzeit empfing er die wechselnden Eindrücke von dem außerordentlich bunten geistigen Leben, das damals in Deutschland herrschte, er machte die Bekanntschaft des französischen Materialismus, der ihm jedoch trocken und tot erschien, und er vertiefte sich andererseits in mystische Schriften, las Paracelsus, van Helmont

und Swedenborg, die einen tieferen Eindruck auf ihn machten und Spuren in seiner Dichtung hinterlassen haben. In Straßburg lernte er Herder kennen und wurde nach seiner eigenen Angabe von diesem zum Studium der Natur und der Entwicklung der Menschheit angeregt. Wie Herder, so bewunderte auch Goethe Spinoza und suchte bei ihm die Einheit von Geist und Natur, die er im Leben finden wollte.

In Weimar wuchs Goethes Interesse für die Naturwissenschaften durch den Umgang mit Gelehrten der Universität Jena und durch das zeitweilig gemeinsame Arbeiten mit Herder. In der Zeit, als dieser seine oben angeführten „Ideen“ beendigte, trieb Goethe in Jena Anatomie. Herder hatte, wie gesagt, einen gemeinsamen Typus für Gestalt und Funktionen des Menschen und der Tiere zu finden gesucht. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts war außerdem über das Verhältnis des Menschen zu den Affen gestritten worden, wie wir durch La Mettrie und Camper erfahren. Ersterer hatte zu beweisen gesucht, daß der Orang-Utan eine Art Mensch wäre, den man bilden könnte, und das hierdurch bei den Christlichkonservativen geweckte Ärgernis hatte in heftiger Polemik seinen Ausdruck gefunden. Camper dagegen hatte in seiner oben referierten Abhandlung über die Anatomie des Orang-Utans denen eine Stütze geboten, welche die Würde des Menschen gewahrt wissen wollten. Goethe, der in seiner Jugend in religiöser Hinsicht ziemlich oppositionell gestanden hatte, wovon namentlich sein berühmtes Gedicht „Prometheus“ Zeugnis ablegt, nahm in diesem Streit für die Materialisten Partei. Camper hatte hervorgehoben, daß im Gesichtsschädel des Orang-Utan eine Naht jederseits von den Nasenhöhlen zu dem Zwischenraum zwischen Eck- und äußeren Schneidezähnen ziehe, die beim Menschen im Gegensatz zu den Affen und anderen Säugetieren fehle. Goethe schrieb aus diesem Anlasse eine kleine Abhandlung, in der er hervorhebt, daß der Zwischenkieferknochen, dessen Grenzen die oben genannten Nähte bilden, auch beim Menschen vorhanden ist, und begründet seine Behauptung hauptsächlich durch das Vorkommen von Nähten, die im Gaumen und oberhalb desselben den in Rede stehenden Knochen vom Oberkiefer und den anderen benachbarten Knochen abgrenzen. Auch bei einigen Säugetieren, bei denen dieser Knochen vorher nicht gefunden war, beschrieb ihn Goethe. Die Abhandlung wurde Camper im Jahre 1784 zugeschickt, der höflich dankte und Goethe besonders dafür lobte, daß er den Knochen auch beim Walroß konstatiert hatte. Über sein Auffinden beim Menschen schwieg Camper dagegen, und zwar nicht ohne Ursache, denn hier war er schon seit Vesalius' Zeit bekannt und beschrieben, zumal er im Embryonalstadium des Menschen deutlich abgegrenzt ist und erst beim Erwachsenen die äußeren Nähte ganz verschwinden. Dieser Unterschied zwischen Mensch und Affe war es, den Camper angedeutet

hatte, und ihn konnte Goethe aus begreiflichen Gründen nicht widerlegen. Daß er sich die „Entdeckung" des Zwischenkieferknochens beim Menschen zuschrieb, beruhte wohl darauf, daß ein Teil der damaligen Handbücher den unvollständig abgegrenzten Knochen beim Erwachsenen als Teil des Oberkiefers behandelten. Die Behauptung von dieser Entdeckung aber, so widersinnig sie auch war, setzte sich in den Literaturgeschichtsbüchern und im Volksbewußtsein fest. Goethes Schrift in dieser Frage wurde übrigens bis auf weiteres nicht gedruckt, vermutlich wegen des geringen Beifalls seitens der Fachgelehrten, denn der Kostenpunkt konnte in diesem Fall gewiß keine Rolle spielen. Goethe setzte übrigens seine anatomischen Untersuchungen fort und stellte schließlich die theoretischen Ergebnisse derselben in einer Abhandlung: „Erster Entwurf einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie" (1795) zusammen. Er beginnt mit dem Satze, daß die Naturwissenschaft überhaupt auf Vergleichung beruhe, ein Grundsatz, den schon Aristoteles kräftig vertreten hat. Als Ziel des Vergleiches stellt Goethe einen Idealtypus auf, mit dem die anatomischen Einzelheiten einer jeden Tierform zu vergleichen wären, so daß man eine anatomische Besonderheit bei einem Individuum sogleich durch den Vergleich mit dem Idealtypus erklären könnte. Eine eingehendere Beschreibung, wie er sich diesen Idealtypus dachte, hat Goethe nicht gegeben, und es wäre ihm wohl auch schwer geworden. Herders oben angeführte Spekulation über einen Idealtypus mag hier mehr auf Goethe gewirkt haben, als die schon existierende vergleichende Anatomie eines Buffon und Camper. In gewissen Einzelheiten gibt schon hier Goethe ausschweifenden naturphilosophischen Phantasien Raum, z. B. wenn er behauptet, daß der Schwanz der Säugetiere „als eine Andeutung der Unendlichkeit organischer Existenzen angesehen werden kann", oder wenn er den Körper der Schlange „gleichsam unendlich" sein läßt, weil er weder Materie noch Kraft auf Extremitäten zu verwenden braucht. Auch diese Abhandlung blieb lange als Manuskript liegen.

Schon früher hatte Goethe eine Abhandlung veröffentlicht, die allgemein als sein hervorragendster Beitrag auf dem Gebiete der Naturforschung gilt, nämlich sein „Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären", gedruckt im Jahre 1790. Der Inhalt ist in Kürze folgender: Die Blätter entwickeln sich sukzessive durch eine Metamorphose, die zuerst die Keimblätter entstehen läßt, dann die Laubblätter und zuletzt die Blütenblätter, die Kelch- und Kronenblätter, die Staubfäden und die Stempel. „Regelmäßig" oder fortschreitend ist diese Metamorphose, wenn sie „sich von den ersten Samenblättern bis zur letzten Ausbildung der Frucht immer stufenweise wirksam bemerken läßt, und durch Umwandlung einer Gestalt in die andere, gleichsam auf einer geistigen Leiter

zu jenem Gipfel der Natur, der Fortpflanzung durch zwei Geschlechter hinaufsteigt.“ Die unregelmäßige Metamorphose ist ein Rückwärtsschreiten der Natur: „wie sie dort mit unwiderstehlichem Trieb und kräftiger Anstrengung die Blumen bildet und zu den Werken der Liebe rüstet, so erschlafft sie hier gleichsam und läßt unentschlossen ihr Geschöpf in einem unentschiedenen, weichen, unseren Augen oft gefälligen, aber innerlich unkräftigen und unwirksamen Zustande.“ Hiermit sind Doppelblüten gemeint, deren Staubfäden sich in Kronenblätter umwandelten. Darauf werden die verschiedenen Blattformen besprochen. Die Keimblätter sind dick, weil sie mit roher Materie erfüllt sind, während die Laub- und noch mehr die Blütenblätter immer feiner werden, weil in sie nur die feineren Säfte eindringen. Ein Begriff, der neben der verschiedenen Feinheit der Säfte eine Hauptrolle in Goethes Pflanzenphysiologie spielt, ist die „Anastomose“, womit er offenbar die Verschmelzung verschiedener Pflanzenteile meint. Dieser Begriff bleibt aber dunkel und wird auch gewiß dadurch nicht klarer, daß die Befruchtung „eine geistige Anastomose“ genannt wird. Auch das Blühen wird durch „geistige Kräfte“ hervorgerufen, wenn ihre Wirkung die rohen Säfte überwiegt, welche die Blätter bilden. Und zum Schluß wird eine Theorie für den Fruchtansatz gebildet, in der die Samen den Blätterknospen gleichgestellt werden. Goethe bekennt selbst, daß seine Arbeit über die Metamorphose keine eigentlich neuen Beobachtungen enthält. Die Metamorphosentheorie selbst findet sich schon in Linnés Philosophia botanica unter der Rubrik „Metamorphosis vegetabilis“, wo Knospen, Blätter und Blüten analysiert und die Blätter in ihren verschiedenen Umwandlungen wiedererkannt werden. Goethe, der zugibt, dieses Werk gelesen zu haben, erhebt trotzdem darauf Anspruch, die „Metamorphose entdeckt“ zu haben, was nur so verstanden werden kann, daß er die rein philosophische Seite meint, die Theorie vom idealen Grundtypus, nach der die Blätter umgeformt werden. Dadurch läßt sich auch das viele „Geistige“ verstehen, von dem Goethe in seiner Abhandlung über die Metamorphose redet, denn dieses war für Goethe das Wesentliche, wie auch für Herder, an dessen Theorie die Pflanzenmetamorphose am ehesten erinnert. Sie ist eben nichts anderes, als romantische Naturphilosophie, vom Anfang bis zum Ende, und hat nichts mit moderner Naturforschung zu tun.

Es war während seiner italienischen Reise, daß Goethe unter dem Eindruck der südländischen Vegetation den Gedanken zu seiner Metamorphosentheorie faßte[1]). Auf derselben Reise machte er auch in Ge-

---

1) „. . . im Angesicht so vielerlei neuen und erneuten Gebildes fiel mir die alte Grille wieder ein, ob ich nicht unter dieser Schar die Urpflanze entdecken könnte? Eine solche muß es denn doch geben: woran würde ich sonst erkennen, daß dieses oder jenes Gebilde eine Pflanze sei, wenn nicht alle nach einem Muster gebildet wären.“ (Italienische Reise, Palermo, Dienstag den 17. April.)

sellschaft einiger Maler in Rom Studien über die Gesetze der Farbenzusammenstellung und die Wirkung der Farben auf den Gesichtssinn. Nicht befriedigt von den Ergebnissen in Rom, beschloß er nach seiner Heimkehr, das Studium der Farben vom physikalischen Gesichtspunkt aus in Angriff zu nehmen. Er verschaffte sich ein Prisma und studierte damit eine Menge Licht- und Farbenphänomene, die er mit großer Anschaulichkeit und Korrektheit in seiner 1791 erschienenen Arbeit „Beiträge zur Optik“ beschreibt. Bei einigen seiner Beobachtungen hatte er gefunden, daß die Mitte einer großen weißen Fläche, durch das Prisma betrachtet, weiß bleibt, und daß ein schwarzer Strich auf weißem Grunde sich in Farben auflöst, was ihm nicht mit den Gesetzen Newtons über Optik vereinbar schien. Zwar erklärten ihm einige Physiker, die seine Schrift gelesen hatten, die erwähnten Phänomene nach Newtons Theorie, aber Goethe war davon wenig erbaut. Da mischte sich Schelling ein, für den, wie gesagt, das Licht die „absolute Identität“ war, und feierte Goethe begeistert als den Befreier von Newtons verabscheuenswerter Spektraltheorie. Der für Lob und Tadel sehr empfängliche Dichter wurde dadurch ganz für die Naturphilosophie gewonnen. Er setzte seine optischen Untersuchungen fort, um durch sie eine neue Farbenlehre an Stelle der Newtonschen zu schaffen. Nach jahrelangen Vorbereitungen gab er endlich im Jahre 1808 seine „Farbenlehre“ heraus, die größte unter seinen naturwissenschaftlichen Arbeiten und die, welche er selbst am höchsten schätzte. Die Farbentheorie, die er hier entwickelt, stimmt ganz mit Schellings Polaritätstheorie überein. Alle Farbenwirkung wird aus einem „Urphänomen“ hergeleitet, nämlich dem Gegensatz von Hell und Dunkel, zwischen denen als Bindeglied „das Trübe“ steht. Wird das reine Licht durch ein Prisma gebrochen, so wird es durch die Wirkung des Glases getrübt, und dadurch entstehen die Spektralfarben. Daß in der Tat die Farben durch Trübung des Lichtes entstehen, will Goethe u. a. dadurch beweisen, daß die Sonne, durch eine rußgeschwärzte Glasscheibe gesehen, rot aussieht. Newtons Ansicht, daß das reine weiße Licht in Wirklichkeit aus der Vereinigung der verschiedenen Farben des Spektrums entsteht, versetzt Goethe in völlige Raserei. Punkt für Punkt bespricht er Newtons Optik und versieht sie mit Randbemerkungen, die ebenso unvernünftig im Inhalt, wie unbeherrscht in der Form sind. Goethe hat hier sich selbst zur Unehre das polemische Wörterbuch seines Bewunderers Schelling benutzt, wie überhaupt sein Verhalten zu Newton auf eine niederdrückende Art die Begrenzung selbst eines universalen Genies zeigt. In der Geschichte der Optik gibt es keinen Platz für Goethe.

Und gleichwohl hat Goethe nicht ganz unrecht, wenn er die Farbenlehre sein bestes naturwissenschaftliches Werk nennt. Es enthält nämlich

eine Abteilung, in der seine besten Eigenschaften als Naturbeobachter besser zu ihrem Rechte kommen, als irgendwo anders, nämlich das Kapitel über „physiologische Farben“. In diesem und auch zerstreut in den übrigen Teilen der Arbeit finden sich in großer Zahl Beobachtungen über subjektive Farbenwahrnehmungen, die mit Genauigkeit und künstlerischem Scharfblick gemacht sind. Diese Einzelbeobachtungen betreffen Farbenharmonie, Farbenkontraste, Komplementärfarben und andere optisch-physiologische Phänomene, die schon bei den Zeitgenossen die größte Aufmerksamkeit erregten. Sie veranlaßten fortgesetzte Studien seitens anderer Forscher, die ganz andere fachmännische Kenntnisse hatten als ihr Urheber, und sind erst in unseren Tagen, seitdem die Physiologie der Sinne eine besondere Fachwissenschaft geworden ist, zu berechtigter Anerkennung gelangt. Auf keinem anderen Gebiete hat Goethe der exakten Naturforschung so nahe gestanden wie hier, ungeachtet der verfehlten Theorie, um derenwillen die Arbeiten ausgeführt wurden.

In seinen späteren Lebensjahren widmete Goethe der Farbenlehre den größten Teil seines wissenschaftlichen Interesses und ging darin so weit, daß er im Alter diese Arbeit höher schätzte als seine Dichterwerke. Letzteres beruhte offenbar darauf, daß er sich als Dichter zurückgesetzt fühlte. Seine Schützlinge, die Neuromantiker, die Freunde Schellings, hatten viel Einfluß auf die allgemeine Meinung und, obgleich sie ihn stets höflich behandelten, verletzten sie ihn doch dadurch, daß sie ihn ihren eigenen recht mittelmäßigen Koryphäen gleichstellten. Andererseits priesen sie in allen Tönen seine wissenschaftlichen Spekulationen, und es wuchs eine ganze Schule naturphilosophischer Wissenschaftler heran, die zu Goethe als zu einem Propheten aufsahen. Alles das lockte ihn, seine naturwissenschaftliche Tätigkeit fortzusetzen. Die Farbenlehre wurde von neuem gedruckt und erweitert, die anatomischen Schriften aus der Jugendzeit wurden herausgegeben und mit vielen Zusätzen versehen, in denen der ideale Urtypus und Schellings Polaritätstheorie stets wiederkehren. In diesen Arbeiten sucht er nach einer Urform für die anatomischen Einzelgebilde, ebenso wie in der Optik nach einem Urphänomen. Das Wort Morphologie stammt von ihm und wird noch heute in der Wissenschaft gebraucht, wenn auch in einem ganz anderen Sinne, als der, den Goethe ihm beilegte. Unter diesen Arbeiten kann ein Aufsatz über die Zusammensetzung des Schädels aus sechs Wirbelknochen erwähnt werden. Zehn Jahre früher hatte Oken eine ähnliche Theorie aufgestellt, die wir später erwähnen werden. Ihm kommt also das Recht der Priorität an dieser Idee zu, und er hat außerdem behauptet, er habe sie im Gespräch Goethe mitgeteilt, was dieser bestimmt in Abrede stellt. Wie es sich damit verhalten hat, läßt sich jetzt kaum noch ergründen und hat auch wenig Interesse, da die ganze Theorie heute nicht mehr

gilt. In Goethes letzten Jahren erschien sein Aufsatz: „Über die Spiraltendenz der Vegetation.“ Er gehört nach Idee und Ausführung zu den exzentrischsten Phantasiegebilden der romantischen Naturphilosophie, erregte aber gerade deshalb große Begeisterung bei den Anhängern dieser Richtung, während diejenigen, welche in Goethe einen modernen Naturforscher sehen wollten, den Aufsatz mit Stillschweigen übergingen. Goethe spricht hier den Gedanken[1]) aus, daß die Pflanzen aus zwei unauflöslich verbundenen „Tendenzen“ zusammengesetzt seien, der vertikalen, die das Bestehende, und der spiralen, die das Nährende, Entwickelnde und Fortpflanzende vergegenwärtige. Die letztgenannte Tendenz ist natürlich vertreten durch die Spiralgefäße und erhält eine Menge ganz unbegreiflicher Definitionen: „das Spiralsystem ist abschließend, den Abschluß befördernd. Und zwar auf gesetzliche, vollendete Weise. Sodann aber auch auf ungesetzliche, voreilende und vernichtende Weise“. Besonders die Wasserpflanze Vallisneria, deren männliche Blütenstiele gerade sind, während die weiblichen sich nach der Befruchtung spiralig zusammenziehen, wird erläutert, und das Schlußergebnis ist die Behauptung, daß das Vertikale das Männliche bei der Pflanze, das Spirale das Weibliche vertrete, was mit dem alten Gleichnis vom Baum und der Rebe, die sich um ihn schlingt, als dem Symbol für das Männliche und Weibliche im Leben bekräftigt wird. Mit diesem Blick in das innerste Wesen des Daseins schließt dieser Aufsatz, der ein halbes Jahr vor Goethes Tode erschien und zeigt, daß bei dem alten Naturphilosophen Goethe der Dichter jedenfalls das letzte Wort behielt, was ganz in der Ordnung ist, da ja das Verlangen nach einem tieferen und weiteren Dichterblick in die Natur sicher wohl die wirkliche Ursache war, daß er sich überhaupt mit dem Studium der Natur befaßte.

Die Beurteilung Goethes als Naturforscher ist im Laufe der Zeiten eine sehr verschiedene gewesen. Von den exakten Naturforschern seiner Zeit erntete er wenig Beifall, am wenigsten in der Optik, die gerade zu seiner Zeit durch Fresnel, Wollaston, Brewster u. a. glänzende Fortschritte machte, welche an Goethe natürlich spurlos vorbeigingen. Dagegen sah die ganze naturphilosophische Schule in ihm ihren unerreichten Meister. Und mit Recht, denn in der Tat hat er mehr als sonst jemand zur Erhaltung des Ansehens der romantischen Naturphilosophie beigetragen. Als diese Richtung dennoch zum Schluß zusammenbrach und unbarmherzig der Lächerlichkeit preisgegeben war, erfuhr Goethe eine weit schonendere Behandlung. Sein großer Ruhm als Dichter und Kulturheros schützte ihn vor einer ernsten Abrechnung mit der naturwissenschaftlichen Kritik. Einen neuen Höhepunkt des Ruhmes erlebten Goethes

1) Auch diese Frage hat Oken schon früher behandelt. In seiner Naturphilosophie kommt eine phantastische Erklärung der Spiralgefäße der Pflanzen vor.

morphologische Spekulationen durch Haeckel. Aus später zu besprechenden Gründen hegte dieser eine überschwängliche Bewunderung für Goethe und sah in ihm den größten Vorgänger Darwins, weshalb auch die Literaturgeschichte und die allgemeine Meinung Goethe, der ja in mancher anderen Hinsicht für die Kulturentwicklung unserer Zeit von gewaltiger Bedeutung gewesen ist, auch noch die Ehre zuteil werden ließ, ein moderner Naturforscher gewesen zu sein. Jedoch sind seine Schriften sicher mehr aus der Entfernung bewundert, als im Original gelesen worden, was dazu beigetragen haben mag, ihren wirklichen Wert zu verschleiern[1]). Goethe war kein exakter Naturforscher, sondern ein romantischer Naturphilosoph, hat aber auch in dieser Eigenschaft einen Einfluß ausgeübt, der nicht zu unterschätzen ist. Seine Beobachtungen über die Physiologie der Sinne und seine Spekulationen auf diesem Gebiete bildeten die Grundlage, auf der ein Johannes Müller, ein Purkinje weiter gearbeitet haben, und wenn auch Goethe keinen Blick für vergleichende Morphologie in modernem Sinn hatte, so sind doch viele hernach hervorragende Anatomen durch seine Ideen veranlaßt worden, sich dem vergleichenden Formenstudium zu widmen und haben dadurch die Wissenschaft gefördert. Als weckende Kraft hat Goethe einen Platz in der Geschichte der Biologie. Sein Einfluß war sowohl gut als böse, aber keineswegs gering.

Kapitel XXVIII.

Naturphilosophische Biologie.

1. Deutschland und Skandinavien.

Die naturphilosophische Gedankenrichtung, die im vorhergehenden geschildert wurde, hat eine tief eingreifende Rolle in der allgemeinen Kulturentwicklung gespielt und nicht am wenigsten in der biologischen Wissenschaft. Wohl gab es während der ganzen naturphilosophischen Periode eine große Anzahl Naturforscher, die nicht oder nur sehr un-

---

1) Bekanntlich hat es bis in die neueste Zeit keine Sonderausgabe von Goethes naturwissenschaftlichen Schriften gegeben, und wer sie studieren wollte, mußte sich an die recht kostbaren Auflagen seiner „sämtlichen Werke“ halten. Vor kurzem aber ist eine Ausgabe dieser Schriften durch R. Steiner erfolgt, der, wie bekannt, Goethes Naturauffassung zur Grundlage seiner „anthroposophischen“, keineswegs mit der modernen Naturwissenschaft übereinstimmenden Auffassung vom Dasein gemacht hat. Sonst dürften wohl die heutigen Bewunderer Goethes als Naturforscher meist unter den Haeckelianern zu finden sein. Rádl, der auch zu den Bewunderern Goethes gehört, neigt dagegen, wie weiterhin erörtert werden soll, stark zur romantischen Naturphilosophie. Kohlbrugge, der streng den sachlichen Inhalt von Goethes Naturforschung kritisiert, schenkt dagegen dem großen Einfluß Goethes auf die Forschung späterer Zeiten zu wenig Beachtung.

bedeutend von dieser Richtung berührt wurden, während andere zwar ihre Lehren zeitweilig oder für immer annahmen, aber daneben exakte Naturforschung mit nachhaltigem Erfolge betrieben. Die Tätigkeit dieser Forscher soll im folgenden geschildert werden, während in diesem Kapitel von einer Gruppe von Gelehrten die Rede sein soll, welche sich ganz und gar der spekulativen Naturerklärung widmeten und in ihr alles zu vereinigen suchten, was man ihrer Meinung nach von der Natur wissen mußte und konnte, oder die wenigstens als ausgesprochene Verfechter solcher Ansichten bekannt geworden sind. Besonders in Deutschland und Skandinavien war es, wo diese treuen Schüler Schellings und anderer idealistischer Philosophen zeitweilig einen ungeahnten Erfolg hatten und es verstanden, in der Gesellschaft und besonders auch auf den Universitäten die Lehre des Meisters mit eigenen Zusätzen als die einzig wahre Naturwissenschaft hinzustellen. Die Ursachen dieser vom Standpunkt unserer Tage und auch früherer Zeiten aus gesehen eigentümlichen Erscheinung waren mannigfacher Art. Die allgemeinen kulturellen Strömungen, welche überhaupt die Romantik begünstigten, Mißmut über den Zusammenbruch der Freiheitsbestrebungen während der Revolution und Müdigkeit nach den großen Freiheitskriegen, spielten natürlich in dem vorliegenden Falle eine große Rolle, und auch das Interesse für Mystik, das sich zu Ende des 18. Jahrhunderts in weiten Kreisen verbreitet hatte und von zahlreichen Ordensgesellschaften gepflegt wurde, trugen auch nicht wenig dazu bei. In irgendeiner Form im Besitz von Kenntnissen zu sein, die der Menge unzugänglich sind, ist stets für die menschliche Eitelkeit verlockend gewesen. Nun aber konnte der Professor der Philosophie oder der Naturwissenschaften seinen Zuhörern eine Lehre verkünden, die wenigstens den Vorteil hatte, daß sie allen Uneingeweihten unbegreiflich war. Und da noch überdies die Auserwählten sich das Recht beimessen durften, als Genies zu gelten, so erklärt sich leicht die Begeisterung, welche die neue Weisheit hervorrief. Auf den Universitäten entstand dadurch ein Gelehrtendünkel, wie man ihn seit den Zeiten der Scholastik nicht mehr gesehen hatte und der lange anhielt, besonders auf Hochschulen in kleinen Städten, wo die Professoren und Studenten mit dem praktischen Leben wenig in Berührung kamen. Gerade durch diese akademische Isolierung ist es erklärlich, daß solche weltfremde Lehren so lange existieren konnten, und daß ihre Hauptherde in Deutschland und Skandinavien lagen, während in Westeuropa mit seiner lebhafteren praktischen Betätigung die Spekulation jedenfalls nüchternere Formen annahm.

Einer von den bekanntesten und einflußreichsten Vertretern der deutschen Naturphilosophie war Lorenz Oken (1779—1851). Er stammte aus einer süddeutschen Bauernfamilie, die eigentlich Ockenfuß hieß, wuchs in Armut auf, fand aber doch Gelegenheit, sich Schulbildung zu erwerben,

studierte hernach Medizin und wurde im Jahre 1804 Doktor. Die Medizin interessierte ihn indessen wenig, denn er hatte schon früh die Naturphilosophie erwählt. Nachdem er sich unter großen Entbehrungen auf mehreren Universitäten aufgehalten hatte, wurde er 1807 als a. o. Professor nach Jena berufen, wo er als Habilitationsschrift seine Abhandlung über die Zusammensetzung des Schädels aus mehreren Wirbeln herausgab. Hierdurch geriet er mit der Zeit in ein schiefes Verhältnis zu Goethe, was ihm verschiedene Mißhelligkeiten eintrug, zumal er selbst leidenschaftlicher Natur war und es schwer hatte, in seinem Auftreten Vorsicht zu beobachten. Als warmer deutscher Patriot schwärmte er außerdem noch für die Einigung seines Vaterlandes und wurde deshalb während der Reaktion nach dem Befreiungskriege, für den er eifrig agitiert hatte, den Behörden verdächtig. Im Jahre 1819 wurde er gezwungen, seinen Abschied zu nehmen, war eine zeitlang ohne Anstellung, wurde darauf Professor in München, aber konnte auch dort sich mit den Behörden nicht einigen und nahm schließlich im Jahre 1832 dankbar einen Ruf nach Zürich an. Dort wirkte er geachtet und beliebt bis an sein Ende.

Okens Tätigkeit war vielseitig und sein Einfluß auf die Entwicklung der Kultur bedeutend. Während einer langen Reihe von Jahren gab er die Zeitschrift „Isis" heraus, deren Namen für die halbmystische Naturphilosophie bezeichnend ist und die einen Mittelpunkt des wissenschaftlichen Lebens in Deutschland bildete. In ihr wurden mit großer Unparteilichkeit die Abhandlungen von Forschern verschiedener Richtungen aufgenommen, Preisaufgaben gestellt und belohnt und Diskussionen zur Förderung der Wissenschaft geführt. Eine andere für die Zukunft bedeutungsvolle Neuerung, die Oken einführte, waren Naturforscherkongresse zum Zweck des Gedankenaustausches und der Anknüpfung persönlicher Beziehungen. Diese in unserer Zeit so beliebten Zusammenkünfte hat also er angeregt und mit seiner Lebhaftigkeit und seinem Interesse für alle Gedankenarbeit gefördert und entwickelt. Aber auch durch seine schriftstellerischen Leistungen hat er das Interesse für Naturstudien gefördert. Seine „Allgemeine Naturgeschichte für alle Stände" ist ein auf ausgedehntem Wissensstoff beruhendes Sammelwerk von wirklich gediegenem Werte, das in weiten Kreisen Kenntnisse über die Natur und Interesse für sie verbreitete.

Okens eigene Beiträge zu der exakten Naturwissenschaft sind dagegen wenig bedeutend. In seinen jüngeren Jahren, vor seiner Ankunft in Jena, untersuchte er die Entwicklung des Darmes beim Embryo und machte auf diesem Gebiete eine Anzahl guter Beobachtungen, welche aber nach wenig glücklichen Prinzipien gedeutet wurden. Oken hielt sich selbst in erster Linie für einen Naturphilosophen, und sein hervor-

ragendstes Werk, das „Lehrbuch der Naturphilosophie", schätzte er so hoch, daß er es zweimal umarbeitete. Er hatte jedoch als Philosoph wenig Schule, und seine Folgerungen sind ebenso phantastisch wie die Schellings, aber besaßen nicht einmal dessen geringes Maß an Folgerichtigkeit. Da ihm auch Goethes dichterische Phantasie fehlte, wurden seine Spekulationen ebenso grotesk, wie sie unvernünftig waren. Besonders das erste Buch seines Werkes, das den recht bezeichnenden Titel „Theosophie" trägt, ist sehr wunderlich. Sein erster Satz lautet: „Die höchste mathematische Idee, oder das Grundprinzip aller Mathematik, ist das Zero = 0". Sodann erfährt man, daß Gott und die Welt gleich 0 + — seien, während Gott allein oder die Uridee = 0 und der Raum 0 = + 0 — ist. Wo er zu den Lebewesen kommt, wird er bereits ein wenig sachlicher. Das organische Leben wird aus dem Urschleim hergeleitet, der als „oxydierter, gewässerter Kohlenstoff" bezeichnet wird und im Meere entstand, woher alles Leben komme. Das Leben werde aus drei „Entelechien" gebildet, dem Magnetismus, dem Chemismus und der Atmung. Hinsichtlich der Pflanzen spekuliert Oken, wie später Goethe, über die Spiralgefäße, die für Oken „das Lichtsystem in der Pflanze" sind. Die Teile der Pflanze entsprechen den vier Elementen, die Wurzel ist das Organ der Erde, der Stamm das des Wassers, das Blatt das der Luft und die Blüte das des Feuers. Jegliches Tierleben dagegen stammt aus einer Blase, und es kommen hierbei vier aufeinander folgende Formationen vor, die Punkt-, Kugel-, Faser- und Zellenformation. Die Organe der Tiere bilden besondere Systeme, erstens „pflanzliche", nämlich Darm, Kiemen und Adern, und dann „thierige", Knochen-, Muskel- und Nervensystem. Außerdem besteht das Tier aus einem „Hirntier" und einem „Geschlechtstier", von denen jedes Organe besitzt, die denen des anderen entsprechen, z. B. die Lunge der Harnblase, der Mund dem Enddarm, der Brustkorb dem Becken. Das Tierreich als Ganzes wird für ein großes Tier angesehen, dessen verschiedenen Teilen die verschiedenen Tierformen entsprechen; die niedersten Tiere haben nur den Darm, wie die Polypen, dann folgen Tiere mit Darm und Haut, die Schnecken und Insekten, und schließlich solche mit Darm, Haut und Fleisch, die Wirbeltiere. Wir finden darin eine Menge alten Mystizismus, wie Zahlenmystik in der wiederkehrenden Drei- und Vierteilung, Vergleich des Tierreiches mit einem großen Körper, erinnernd an Swedenborgs Spekulationen, und schließlich die Ziffernphantasien am Anfang seiner Arbeit. Zugleich aber finden wir Gedanken, die an die biologischen Theorien unserer Tage erinnern, wie z. B. das bläschenförmige Urtier und die Idee von der Entstehung des Tierlebens im Meere. Gewiß war Oken ein Mann mit Ideen, von denen viele einen Zukunftswert hätten haben können, aber seine zügellose Phantasie ließ ihn den folgenden Generationen als warnendes und abschreckendes Bei-

spiel hinsichtlich der Verirrungen naturphilosophischer Spekulationen erscheinen.

Ein Gegenstück zu Oken ist im Bereich der Botanik Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck (1776—1858). Sohn eines Beamten und gleich Oken Süddeutscher, studierte er in Jena Medizin, ließ sich für Schellings Philosophie gewinnen und kam mit Goethe in Berührung. Nach Beendigung seiner Studien zog er sich auf sein Erbgut zurück und wirkte als Privatgelehrter, bis er 1818 Professor der Botanik an der neugegründeten Universität Bonn wurde. Er gründete in Bonn das botanische Institut und den botanischen Garten und verfaßte eine Menge Schriften über Botanik und Naturphilosophie. Als Professor nach Breslau berufen, wirkte er auch hier anfangs mit Erfolg. In seinen alten Tagen aber wurde der romantische Naturphilosoph ultraradikal, nahm an der Arbeiterbewegung teil, schwärmte für reformiertes Christentum und wirkte in Theorie und Praxis für freie Ehe ohne Einmischung des Staates. Die Folge war, daß er, verfolgt und aus dem Staatsdienst entlassen, in Armut starb. Der Breslauer Arbeiterverein, dessen Vorsitzender er war, geleitete ihn zum Grabe.

Nees von Esenbeck hat sich als Pflanzensystematiker einen angesehenen Namen erworben, besonders durch seine tropischen Floren über die Phanerogamen des Kaplandes und Brasiliens. Auch seine Arbeiten über Kryptogamen, Blatt- und Lebermoose, Algen und Pilze, waren zu ihrer Zeit angesehen. Selbst aber legte er den größten Wert auf seine naturphilosophischen Spekulationen. In seinem „Lehrbuch der Botanik", das er Goethe widmete, treibt er dessen Metamorphosenlehre auf die Spitze. Das Blatt ist für ihn eine Art Symbol der Pflanze überhaupt, die ganze Pflanzenwelt ein großes Blatt, wie für Oken die Tierwelt ein großes Tier war. Die Dreizahl spielt auch in der Pflanzenwelt eine große und mystische Rolle, und den Ausgangspunkt bilden auch hier Wortspiele. Die Polarität Schellings lebt wieder auf — die Pilze repräsentieren den Norden, die anderen Pflanzen den Süden, die Tiere die Mitternacht, und der Mensch den Mittag. Ebenso willkürlich werden die chemischen Grundbestandteile der Pflanzen behandelt und die Farben im Pflanzenreich natürlich nach Goethes Farbenlehre. Auch die Spiralgefäße veranlassen Spekulationen, obgleich Goethes Theorie noch nicht erschienen war. Übrigens ist die Spiraltheorie später von einer großen Anzahl von Botanikern bearbeitet worden, die, wie Nees von Esenbeck, ganz vernünftige Systematiker sein konnten, aber gleichzeitig über Spiralen und Polarität in allen möglichen Richtungen phantasierten, bis zum Schluß auch hier die exakte Forschung zu ihrem Rechte kam.

Als einer von den letzten Naturphilosophen Deutschlands mag hier Carl Gustav Carus (1789—1869) angeführt werden. Geboren in

Leipzig, wurde er daselbst im Jahre 1811 Professor der vergleichenden Anatomie und ging später als Professor der Gynäkologie und Hofarzt nach Dresden. Er war als Arzt ein hervorragender Fachmann und im übrigen ein Mann mit vielseitigen Interessen. Persönlich befreundet mit Goethe, war er eine wirkliche Künstlernatur: Kunstschriftsteller, begabter Maler und außerdem vergleichender Anatom und Naturphilosoph. Er arbeitete über vergleichende Osteologie, Insektenanatomie und Zootomie. Seine vergleichende Anatomie (vom Jahre 1828) steht gewissermaßen auf der Grenze einer modernen Auffassung von dieser Wissenschaft. Carus spielt nicht mehr mit jenen Plus- und Minuszeichen, mit denen seine Vorgänger um sich warfen, ohne die Probleme dadurch zu klären. Freilich ist auch für ihn die Natur der Ausdruck für eine Idee, das Leben fließend, und auch die Dreiteilung kommt hier und da vor, aber er kann wenigstens ein Organ beschreiben, oder sogar ein Organsystem, ohne sogleich in allerlei Unbegreiflichkeiten zu geraten. Sein Tiersystem besteht aus konzentrischen Kreisen mit den Protozoen ganz außen und dem Menschen im innersten, und auch seine Charakterisierungen sind nicht sehr gelungen. Andererseits aber gibt er eine vergleichende Darstellung des Nervensystems durch die ganze Tierreihe, die übersichtlich und exakt ist. Im Jahre 1861 faßte der alte Carus jedoch in einem Werk „Natur und Idee" seine Gedanken zusammen, das sich in der Tat wunderlich genug ausnimmt neben den Fortschritten, die die Naturwissenschaft inzwischen gemacht hatte. Hier sehen wir den Äther als Ursubstanz, das wesentlichste aller chemischen Elemente, und erfahren weiter: „Urhandlung des Äthers ist Leben." Das Nervensystem ist das Zentrale im Tierreiche, wie das Urfeuer und das elektrische Prinzip in der Erde. Das Weltall ist eine unendliche Sphäre, deren Mittelpunkt überall und deren Peripherie ganz und gar ideell ist. Auch die Tiere entstehen aus einer Sphäre, dem Ei, und entwickeln sich, indem sich neue Sphären der ursprünglichen angliedern. Die Sinne werden in die Ecken eines Pentagramms gezeichnet, das in einem Kreise steht. Und so etwas wurde veröffentlicht, nachdem Darwins Selektionslehre schon 2 Jahre vorher bekannt geworden war. Wir sehen also, daß die letzten Vertreter der Naturphilosophie in ihrer extremsten Form noch bis in die neue Zeit hinein lebten.

Nach Skandinavien kam die neuromantische Naturphilosophie durch Henrik Steffens, der wegen seiner kulturhistorischen Bedeutung Erwähnung verdient, obgleich er wenig zu der Entwicklung der Biologie beigetragen hat. In Stavanger in Norwegen geboren, studierte er in Kopenhagen und Kiel und kam nach einigem Umherwandern nach Jena, wo er ein begeisterter Bewunderer Schellings wurde, sich mit Oken befreundete und mit Leib und Seele Naturphilosoph wurde. 1802 kehrte

er nach Kopenhagen zurück und hielt einige Jahre Vorlesungen an der Universität, erhielt aber keine feste Anstellung und siedelte wieder nach Deutschland über, wohin er einen Ruf erst nach Halle, dann nach Breslau erhielt. Am Befreiungskriege Preußens nahm er begeistert teil. Während seines Aufenthaltes in Dänemark übte er durch seine enthusiastischen Vorträge über Naturphilosophie einen großen Einfluß aus, obgleich seine Übertreibungen bei den Dänen Bedenken erweckten, die seine weniger kritischen Freunde in Deutschland nicht hatten laut werden lassen. Seine naturphilosophische Hauptarbeit betraf die Naturgeschichte des Erdinnern, und er sucht zu beweisen, daß die verschiedenen Erdschichten Teile eines galvanischen Elementes seien. Bedeutung für die Geschichte der Biologie hatte seine Theorie der Entstehung der ringförmigen Koralleninseln. Nach seiner Meinung waren sie auf den Rändern unterseeischer Vulkankrater gewachsen, und diese Theorie wurde von vielen für richtig angenommen, bis Darwin sie durch seine bekannten Untersuchungen widerlegte.

In Schweden fand die Naturphilosophie in Carl Adolf Agardh (1785—1859) einen Vertreter, der ein vielseitiges Genie war. Geboren in Schonen, studierte er in Lund, wo er mit der Zeit Dozent der Mathematik und Professor der Botanik und Ökonomie wurde. Er starb als Bischof in Karlstad, nachdem er als Botaniker, Mathematiker, Nationalökonom, Prediger und Politiker gewirkt hatte. Nur sein zuerst genanntes Wirkungsgebiet interessiert uns hier. In Lund lernte Agardh Linnés Pflanzensystem kennen und auf Reisen in Deutschland wurde er mit Schelling und der Naturphilosophie bekannt. Einen dauernden Ruhm jedoch erwarb er sich als einer von den Begründern der Systematik der Algen, denn vieles von dem, was er dabei geleistet, besteht noch heute. Auch die Pflanzensystematik als solche verdankt ihm wertvolle Beiträge. So war er einer von den ersten, die sich gegen die Trennung der Phanerogamen von den Kryptogamen aussprachen. Seine allgemeinen Ansichten von der lebenden Natur hat er in einem Lehrbuch der Botanik veröffentlicht, das in den Jahren 1828—32 erschien und dessen erster Teil Schelling zugeeignet ist. Dieser erste Teil, Organographie genannt, steht gerade im Zeichen der Naturphilosophie, doch zeigt Agardh eine Vorsicht im Spekulieren, die sich vorteilhaft von der Waghalsigkeit des deutschen Meisters unterscheidet. So betont er sogleich auf der ersten Seite, daß Naturobjekte nicht exakt nach den Anforderungen der Logik definiert werden können. Er meint, man müsse sich damit begnügen, in jedem Fall festzustellen, welches das allgemeinste Phänomen oder die gewöhnlichste Form wäre, und nicht sogleich ausnahmslose Regeln aufstellen. Und indem er Nees von Esenbecks oben angeführten Vergleich zwischen Naturobjekten und Himmelsgegenden zitiert, so geschieht es mit dem gelinden Vorbehalt: „Diese Art zu philosophieren ist schön, aber unklar."

Andererseits kann er aber selbst so exzentrische Dinge sagen, wie z. B. daß die Hände des Menschen Blätter und der Kopf dazwischen eine Knospe vorstellen könnte, wie ja auch die Metamorphosentheorie zu einer Menge äußerst gewagter Vergleiche zwischen Entwicklungsstadien bei Pflanzen und Tieren verleitete. Dennoch zeigt Agardh überall eine Schärfe in der Beobachtung von Einzelheiten, die da beweist, daß Linnés Lehre und Beispiel nicht aufgehört hatten, in seinem Vaterlande zu wirken. Der zweite Teil, die Pflanzenbiologie, handelt von den Lebensäußerungen der Pflanzen und ist im allgemeinen exakter als der erste.

Ein anderer bedeutender Vertreter der Naturphilosophie im Norden war Israel Hwasser (1790—1860), ein Pfarrerssohn aus Älvkarleby in Schweden, der 1817 Professor der Medizin an der Akademie in Åbo wurde, wo er einen großen Einfluß ausübte. Obgleich er Naturphilosoph war, billigte er doch keineswegs Schellings Spekulationen, namentlich nicht die Versuche, aus einer Idee die Natur zu konstruieren. Dagegen bewunderte er Sydenham und noch mehr den französischen Anatomen Bichat, von dem später die Rede sein wird. Seine ganze Auffassung vom Leben in der Natur trägt das Gepräge seines tief ethischen Strebens. Er verachtete die Materie und glaubte nicht an ihre Unvergänglichkeit. Für ihn war das Leben ein großartiger Prozeß ethischer Veredelung. Die Entwicklung des Individuums erschien ihm als die Verkörperung der Selbstsucht, während er in der Fortpflanzung, die die Selbstaufopferung zum Zweck der Erhaltung der Art bedeutet, das Höchste im Organismus sieht. Den nachhaltigsten Einfluß jedoch übte Hwassers Persönlichkeit selbst aus. Er hatte viele Schüler, die an seinen idealen Bestrebungen teilnahmen, und einer von diesen, sein treuer Freund Immanuel Ilmoni (1797 bis 1856) wirkte in seinem Sinne in Finland weiter, nachdem sein Lehrer im Jahre 1830 nach Upsala zurückgekehrt war. Mit dem Tode dieser Männer verschwand auch die Naturphilosophie aus den Universitäten des Nordens, wo sie nie eine solche Bedeutung erlangt hat wie in Deutschland. Denn während der ganzen naturphilosophischen Epoche wurde die Biologie noch nach Linnés Prinzipien studiert, und Männer wie Berzelius und Anders Retzius sorgten dafür, daß die exakte Naturforschung nicht zu kurz kam.

2. England und Frankreich.

In den beiden westeuropäischen Kulturstaaten hat die Naturphilosophie bei weitem keine solche Rolle gespielt wie in Deutschland. Die Ursache hierfür ist wohl letzten Endes im Nationalcharakter dieser Völker zu suchen, denn die Engländer und Franzosen waren stets weniger spekulativ und mehr auf praktische Ziele eingestellt als die Deutschen. Und praktische Aufgaben standen in den einheitlich regierten und wohl-

organisierten westeuropäischen Staaten weit mehr im Vordergrunde als in dem zersplitterten und politisch enttäuschten Deutschland. Die Reaktion gegen die Ideen des 18. Jahrhunderts suchte und fand in England und Frankreich seinen Ausdruck in der Politik und Dichtung, während die Wissenschaft ihre Arbeit fortsetzte, ohne von der Umwertung der alten Werte tiefer berührt zu werden. Spekulative Richtungen hatte es in diesen Ländern schon früher gegeben, wofür Buffon ein leuchtendes Beispiel ist, und die Theorien der eigentlichen naturphilosophischen Periode haben den Anschein einer Fortsetzung jener, während sie andererseits den Übergang zur exakten Wissenschaft des 19. Jahrhunderts vermitteln. Dennoch treten gerade in dieser Übergangszeit Forscher auf, deren Spekulationen mehr Ähnlichkeit mit der im vorigen geschilderten Naturphilosophie haben, und die zum Teil auch wohl direkte Beziehungen zu ihr unterhielten. Im folgenden werden wir einige Beispiele solcher Spekulationen anführen und die Besprechung der in unmittelbarer Beziehung zur modernen Biologie stehenden Gelehrten in einem späteren Abschnitt vornehmen.

In England war die naturphilosophische Spekulation schon seit alten Zeiten zu Hause. Viele Anhänger dieser Richtung vereinigten Reichtum an neuen Ideen und Vorschläge zur Erklärung von Naturerscheinungen mit planlosem Denken und Experimentieren. An mehr oder weniger begabten Verfassern dieser Art war namentlich in den zahlreichen Kreisen der Privatgelehrten Englands kein Mangel. Zu dieser Kategorie kann auch Erasmus Darwin (1731—1802) gerechnet werden, dessen Spekulationen seinerzeit in England nicht nur, sondern auch auf dem Festlande Aufsehen erregten. Aus einer alten Familie stammend und in Nottingham geboren, studierte er in Cambridge und Edinburgh und wurde schließlich Arzt in Lichfield. Er wird als ein großes Original geschildert, kraftvoll und etwas derb, ehrlich und rechtschaffen, eifrig und angesehen in seinem Beruf, hilfsbereit gegen die Armen und ein eifriger Nüchternheitsapostel. Von seinen vielen Kindern wurde ein Sohn der Vater von Charles Darwin und eine Tochter die Mutter von Francis Galton, dem Erblichkeitsforscher. Neben seinem Beruf war Erasmus Darwin ein fleißiger Schriftsteller, der eine Menge Abhandlungen für die Royal Society geschrieben und außerdem ein paar größere Dichtungen veröffentlicht hat, mit denen er selbst sehr zufrieden war, die aber Gegenstand des Spottes der Zeitgenossen wurden und in Vergessenheit gerieten. Das Werk, das allein ihn bekannt gemacht hat, ist seine „Zoonomia", ein Versuch, die Gesetze des organischen Lebens zu erklären. Es erschien 1794 und wurde in mehrere europäische Sprachen übersetzt und erregte seinerzeit nicht wenig Aufsehen besonders bei den deutschen Naturphilosophen, die es mit Anerkennung anführen. Zu unserer Zeit wäre es gewiß wenig be-

achtet worden, wenn der Verfasser nicht Charles Darwins Großvater gewesen wäre. Auf den ersten Blick macht es den Eindruck einer äußerst wunderlichen Sammlung verschiedenen naturwissenschaftlichen und medizinischen Notizenmaterials, aber bei näherem Zusehen erkennt man, daß darin eine Anzahl Fragen, die die damalige Zeit beschäftigten, behandelt werden, wenn auch aus eigentümlichem Gesichtspunkt. Die Arbeit beginnt mit der Erklärung, daß die Grundlagen der Natur Geist und Materie seien. Alsdann wird das Leben definiert als abhängig von einer Kraft, die er im Anschluß an Haller Irritabilität nennt und mit deren Hilfe alle Lebenserscheinungen auf eine zum Teil recht merkwürdige Weise erklärt werden. Alle Lebensäußerungen, sowohl die physischen als auch die psychischen, beruhen nämlich auf Zusammenziehung von Fasern infolge von Reizung. Unter einer Idee z. B. versteht der Verfasser eine Zusammenziehung von Fasern, die die unmittelbaren Sinnesorgane bilden. La Mettrie selbst hätte sich nicht materialistischer ausdrücken können, aber Erasmus Darwin ist im Sinne seiner Zeit gar kein Materialist. Er beruft sich freilich auf die Untersuchungen des Skeptikers Hume über Ursache und Wirkung, aber bekennt zugleich einen uneingeschränkten Bibelglauben, indem er Psalmenverse über die göttliche Weisheit anführt und als Beweis seiner Fortpflanzungstheorie die Erschaffung Evas aus Adams Rippe nach dem Wortlaut des Buches Mose. Die letztgenannte Theorie hat unter allem dem vielen, das Erasmus Darwins Arbeit enthält, den größten Eindruck gemacht und zweifellos mit Recht. In gewisser Hinsicht erinnert sie an Caspar Friedrich Wolffs Entwicklungstheorie, nämlich insoweit sie ausgesprochen epigenetisch ist. Ob der Verfasser Wolffs Arbeit benutzt hat, ist aus der seinigen nicht zu ersehen. Vielleicht geschah es mittelbar durch Mitteilungen anderer. Vor allem aber ist seine Theorie ausgesprochen animalkulistisch. Wie seine ganze Theorie überhaupt auf der Annahme irritabler Fasern als der Grundsubstanz alles Lebenden beruht, so ist auch der Ursprung des Keimes in dem „Filament" zu sehen, das vom Vater herstammt und von der Mutter bloß ernährt wird. Hierdurch wächst der Keim, aber keineswegs dank der Entwicklung einer fertigen Anlage, sondern durch Hinzufügung neuer Materie. Gegen die Präformationslehre führt der Verfasser Beweise ernster und scherzhafter Natur ins Feld, wobei ihm namentlich Bonnets Einschachtelungslehre übermäßig lächerlich erscheint und ihn durch die Dimensionen der in unendlicher Anzahl ineinander geschachtelten Keime an die 20000 Teufelchen erinnert, welche den heiligen Antonius versuchten und allesamt auf einer Nadelspitze tanzten. Als eine weitere Bestätigung seiner Epigenesistheorie hebt er hervor, daß das männliche „Filament", welches das neue Individuum entstehen läßt, deutlich von der durch die Mutter gelieferten Nahrung beeinflußt werde, denn hierauf beruhe die

Ähnlichkeit zwischen Mutter und Kind, was namentlich durch Bastardbildungen bewiesen werde. Ja sogar die Lebensverhältnisse der Eltern beeinflußten deutlich die Eigenschaften der Nachkommen, was durch die neu entstandenen Varietäten bewiesen werde. Organe, die ein Tier nötig hat, würden durch Reizung der sie hervorbringenden Körperteile hervorgerufen und dann vererbt, wie z. B. das Geweih der Hirsche und die Sporen der Hähne durch die Kämpfe um die Weibchen. Ja man könne sogar annehmen, daß alle lebenden Wesen, so unähnlich sie auch heute sind, doch von einem und demselben „Urfilament" abstammten, dessen Nachkommen durch verschiedene Lebensverhältnisse verändert wurden, was durch Übergänge bewiesen werde, deren es zwischen allen Tier- und Pflanzenformen, höheren und niederen, genug gäbe. Diese Theorie mutet unzweifelhaft in gewisser Hinsicht „darwinistisch" an. Was aber die Lehren des Großvaters und Großsohnes unterscheidet, ist das Interesse für die Frage von der Entstehung der Arten. Ersterer interessierte sich eigentlich dafür gar nicht, sondern sein Bestreben war nur darauf gerichtet, möglichst starke Beweise für die Epigenesistheorie zu finden, die seine ganze Spekulation beherrschte. Indessen war es auch nicht diese Seite seines Werkes, die das Interesse der Zeitgenossen erregte, sondern vielmehr seine Spekulationen über die Lebenskraft, ebenso seine Irritabilitätstheorie und seine Beobachtungen über Sinneswahrnehmungen, die jene stützen sollten und in gewisser Hinsicht Vorläufer von Goethes Beobachtungen waren. Alles dieses interessierte besonders die deutschen Naturphilosophen, die sich nicht selten auf seine Schriften berufen. In der folgenden Generation war er ganz vergessen, und erst nachdem Charles Darwin weltberühmt geworden war, richtete sich das Interesse wieder auf den alten Erasmus, in dessen Spekulationen man Ähnlichkeiten mit denen des Enkels finden wollte. Eine gewisse Ähnlichkeit ist ja vorhanden, wenn auch der Schöpfer der Selektionstheorie unter ganz anderen Voraussetzungen eine allgemeine Theorie der Entwicklung des Lebens auf der Erde zustande brachte als sein Großvater.

In Frankreich wurden in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die biologischen Spekulationen im wesentlichen von Buffons Ideen beherrscht. Er und sein Freund Daubenton hatten, wie wir wissen, vergleichende Untersuchungen über die Anatomie verschiedener Tiere, namentlich über den Knochenbau der Säugetiere ausgeführt. Untersuchungen dieser Art beschäftigten auch in der Folgezeit die französischen Gelehrten, und die Naturphilosophie, zu der solche Untersuchungen damals gerechnet wurden, erhielt dadurch ein besser umgrenztes und sachlicheres Gepräge als in Deutschland. Ihre Anhänger erscheinen daher auch in weit höherem Grade als Vorläufer der modernen Biologie und

verdienen im Zusammenhang mit ihr behandelt zu werden. Besonders der Mann, der als Frankreichs hervorragendster Naturphilosoph gilt, Lamarck, scheint wegen seines großen Einflusses auf die Forschung unserer Tage in erster Linie als ihr Vorläufer angesehen werden zu können. Ein Naturphilosoph, der hingegen der deutschen Spekulation weit näher stand und auch mit ihr in Beziehung trat, war Geoffroy Saint-Hilaire. Er soll daher hier im Anschluß an diese geschildert werden.

Etienne Geoffroy Saint-Hilaire wurde als Sohn eines Beamten im Jahre 1772 in Etampes nahe bei Paris geboren. Sein Vater ließ ihn zum Geistlichen ausbilden und verschaffte ihm auch ein geistliches Amt, gestattete ihm aber zugleich, seiner Neigung für das Naturstudium zu folgen. Der reich begabte, impulsive und leidenschaftliche Jüngling vertiefte sich mit Eifer in das Studium der Chemie, Kristallographie und Anatomie. Während der Revolution zeichnete er sich aus, indem er mit eigener Lebensgefahr eine Anzahl Priester vor den Septembermorden des Jahres 1792 errettete. Ungeachtet dessen wurde er im folgenden Jahre von der revolutionären Regierung zum Professor der Zoologie an einem neu errichteten Bildungsinstitut ernannt und machte durch glänzenden Fleiß und Erfolge sofort von sich reden. Der damals noch ganz unbekannte Cuvier erhielt durch seine Empfehlung auch eine Professur. Mit der Zeit aber sollte Cuvier seinen Beschützer überflügeln. Einstweilen jedoch arbeiteten sie erfolgreich zusammen auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie. Als Napoleon seine berühmte Expedition nach Ägypten antrat, ging Geoffroy als Zoologe mit, und es gelang ihm, großartige Sammlungen anzulegen, die er später durch entschlossenes Auftreten vor den Engländern rettete. Heimgekehrt nach Paris erntete er deswegen noch mehr Ruhm, weniger Ehre aber brachte ihm eine Expedition nach Portugal ein, in dessen Museen auf Napoleons Befehl „Sammlungen“ für Rechnung des französischen Staates gemacht werden sollten. Seine späteren Jahre kennzeichnet eine immer mehr zunehmende Rivalität und Feindschaft mit Cuvier, da die Gegensätze zwischen beiden im zunehmenden Alter immer mehr zutage traten. Im Alter wurde er blind und gelähmt und starb im Jahre 1844.

Die von Buffon und Daubenton eingeführte vergleichende Anatomie erregte Geoffroys und Cuviers größtes Interesse. Die Entwicklung dieser Wissenschaft, die besonders durch Cuvier zu einer der wichtigsten Grundlagen der modernen Biologie gemacht wurde, soll im folgenden geschildert werden. Auch Geoffroys Beiträge zur Entwicklung dieser Wissenschaft waren nicht gering, doch entwickelte sich bei ihm schon früh eine Neigung zu phantastischer Spekulation, die uns berechtigt, ihn zu den theoretisierenden Naturphilosophen zu rechnen. Man hat diese Neigung bei ihm auf den Einfluß der deutschen Naturphilosophie

und besonders auf die Schellings zurückführen wollen[1]), da jedoch Schellings Schriften erst später ins Französische übersetzt wurden, kann ein direkter Einfluß von dieser Seite kaum angenommen werden. Phantastische Spekulationen gehörten schon einmal zum Wesen der damaligen Zeit, und Vorgänger in dieser Hinsicht fanden sich auch genügend in der französischen Literatur — wir brauchen bloß an Bonnet zu denken. Der leitende Gedanke in Geoffroys Philosophie ist das Vorhandensein eines gemeinsamen Grundtypus zunächst für alle Wirbeltiere und sodann für das Tierreich überhaupt. Hauptsächlich bearbeitete er die Anatomie der Wirbeltiere, besonders das Skelett, und gab in der Tat auf diesem Gebiete eine Menge wertvoller Anregungen, die als Vorläufer von Ergebnissen der heutigen vergleichenden Anatomie gelten können. So z. B. leitet er die Gehörknöchelchen der Säugetiere von Schädelknochen der Fische ab, allerdings von den Opercula und nicht von den Knochen, die heute als Ausgangspunkt gelten. Er leitet ferner den Kehlknorpel von Kiemenbogen der Fische ab, was die vergleichende Anatomie unserer Tage wenigstens teilweise tut. Aber schon hier tritt seine ungezügelte Phantasie hervor und ein vollkommener Mangel an Kritik im einzelnen und an Fähigkeit, den Plan seiner Spekulation richtig abzugrenzen. Er findet nämlich ein Brustbein bei den Fischen und läßt die Knorpelringe der Luftröhre von Kiemenbogen herstammen, wie er überhaupt mit Vorliebe Knochenfische und Säugetiere direkt miteinander vergleicht. Beiläufig bemerkt er in echt naturphilosophischer Weise, der Gehörapparat der Vögel sei der beste, den es gäbe, weil diese Tiere so musikalisch wären. Seine wildesten Phantasien aber entwickelt er bei der Vergleichung der Wirbeltiere mit den Wirbellosen. Insekten und Krebstiere bestehen nach seiner Ansicht aus Rückenwirbeln, an denen noch Fortsätze und Rippen wahrzunehmen seien — die Segmentringe seien Wirbel und die Extremitäten Rippen. Die Schalen der Schildkröten und Schnecken werden gleichgestellt und die Tintenfische für auf der Rückenseite zusammengeklappte Wirbeltiere erklärt. Man kann verstehen, daß eine solche Anwendung der Lehre von einem gemeinsamen Grundtypus Goethe gefallen mußte, und wie später geschildert werden soll, stand Goethe treu auf Geoffroys Seite. Als Cuvier gestorben war, konnte der ihn überlebende Geoffroy frei seine Lehre verkünden, und seine Theorien wurden, wenigstens zum Teil, von seinem Sohne Isidore übernommen, der auch ein hervorragender Biologe war. Die kritischere vergleichende Anatomie späterer Zeiten hat nach Abstrich der Übertreibungen dem Ideenreichtum und den in vieler Hinsicht fruchtbaren Anregungen Geoffroy Saint-Hilaires ihre Anerkennung nicht versagt.

---

1) Vgl. Kohlbrugge, Historisch kritische Studien über Goethe als Naturforscher, Zool. Ann., Bd. 5—6.

Die naturphilosophischen Spekulationen, die wir im vorhergehenden charakterisiert haben, haben ihren tiefen Einfluß auf die Entwicklung der Biologie ausgeübt. Ihre Auswüchse können natürlich nur als Hemmungen des gesunden Fortschritts der Wissenschaft angesehen werden. Sie wurden auch mit der Zeit vergessen und nur gelegentlich hervorgezogen, um die Schwächen älterer Generationen lächerlich zu machen. Der Hauptverdienst der Naturphilosophie lag in dem lebhaften Interesse, das sie den Forschern ihrer Epoche für das Studium der Natur einflößte durch das Streben, die Erscheinungen des Daseins an Gesetze zu binden. Sonst war ja der Zeitgeist auf abstrakte Begriffsspekulationen eingestellt, wie Hegel und seine Schule es wünschten, aber daß das Naturstudium indessen nicht zu einem bloßen Handwerk herabsank, ist in nicht geringem Maße das Verdienst der Naturphilosophie. Viele von ihren Ideen werden wir in umgearbeiteter Form in der Biologie des 19. Jahrhunderts wiederfinden.

Die Biologie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Kap. XXIX.

Von der Naturphilosophie zur modernen Biologie.

1. Die Vorläufer der vergleichenden Anatomie.

In der Geschichte der Biologie wird das 19. Jahrhundert ohne Zweifel stets als eine der bedeutungsvollsten Epochen bezeichnet werden. Hinsichtlich des Wertes der in diesem Zeitraum geschehenen Entdeckungen kann er den glänzendsten Perioden früherer Zeiten an die Seite gestellt werden, und zieht man das Ansehen mit in Rechnung, das die Biologie im allgemeinen Kulturleben genoß, so steht es unübertroffen da. Besonders gilt dieses von der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, nach dem Auftreten von Darwin, die den größten Aufschwung der Biologie besonders in quantitativer Hinsicht erlebte. Aber dieser Aufschwung bereitete sich schon in den nächstvorhergehenden Jahrzehnten vor durch eine großartige Entwicklung zahlreicher Zweige der Forschung, eine Entwicklung, die ihrerseits durch die im vorigen geschilderten Vorgänge angebahnt wurde. In der biologischen Wissenschaft des 19. Jahrhunderts finden wir also Elemente aus der exakten Naturforschung, die in den beiden vorhergehenden Jahrhunderten eine mechanische Erklärung der Erscheinungen in der lebenden Natur anstrebte, daneben aber auch Züge aus der spekulativen Naturphilosophie, die durch rein theoretische Gedankenkonstruktionen die Rätsel des Daseins zu lösen suchte, welche die exakte Naturforschung unbeantwortet lassen mußte. Diese Naturphilosophie herrschte, wie in den vorhergehenden Kapiteln geschildert wurde, während der ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts besonders in Deutschland und Skandinavien, aber teilweise auch in England und Frankreich. Sie hatte einen bestimmenden Einfluß auf die Kulturentwicklung jener Zeit, die, wie wir sehen werden, noch bis in die ferne Zukunft reichte. Zwar war auch in der Glanzperiode der Naturphilosophie die exakte Naturforschung keineswegs erstorben, doch wirkte sie mehr im Stillen, und außerdem fanden sich auch Forscher, die als überzeugte Naturphilosophen doch auch

exakte Einzeluntersuchungen ausführten. Einige Beispiele solcher exakter Naturforschung in der Periode der Naturphilosophie verdienen hier angeführt zu werden als Übergang zur modernen Biologie, die sich in der folgenden Zeit entwickelte.

In Frankreich hatte sich, wie wir schon sahen, die vergleichende Anatomie unter Buffon und Daubenton zu einer bedeutenden Höhe entwickelt. Aber auch die beschreibende Anatomie hatte in demselben Jahrhundert einen glänzenden Vertreter in dem Dänen Jacob Benignus Winslöw, einem Verwandten von Steno, gehabt, der nach dem Beispiel des letzteren katholisch wurde und sich im Auslande naturalisieren ließ, aber im Gegensatz zu Steno eine sehr lange Zeit wirkte. Er starb im Alter von 91 Jahren 1760. Seine Darstellung der Anatomie des Menschen war besonders vollständig, namentlich im topographischen Teile, und er machte die medizinische Fakultät in Paris, wo er Professor war, zu einem wichtigen Zentrum für anatomische Studien. Er und seine nächsten Schüler wurden jedoch übertroffen von einem Forscher, der nach dem Beispiel von Daubenton und Camper auch die Anatomie des Menschen nach der vergleichenden Seite hin entwickelte.

Félix Vicq d'Azyr wurde im Jahre 1748 in Valogne in der Normandie geboren. Als Sohn eines Arztes wählte er den Beruf des Vaters und studierte in Paris mit solchem Erfolge, daß er schon 8 Jahre nach seiner Immatrikulation mit seinen Vorlesungen beginnen durfte. Trotzdem hatte er kein Glück in der akademischen Laufbahn. Im Jahre 1774 wurde er bei der Besetzung der Professur für Anatomie am „Jardin des Plantes" übergangen und nochmals, als es galt, einen Nachfolger für Buffon zu finden. Statt dessen wurde er von der Regierung ausgesandt, um einige schwere Epidemien auf dem Lande in Frankreich zu studieren und zu bekämpfen, und verfaßte über diese einige wertvolle Arbeiten. Auch auf dem Gebiete der Veterinärmedizin lieferte er wichtige Arbeiten. Außerdem hielt er zahlreich besuchte private Kurse in der Anatomie ab, wirkte bei der Bildung der königlichen medizinischen Gesellschaft in Paris mit und wurde ihr ständiger Sekretär. Als solcher verfaßte er Gedenkschriften von glänzender Beredsamkeit über verstorbene hervorragende Mediziner und wurde daraufhin als Buffons Nachfolger in die französische Akademie gewählt. Zum Schluß wurde er Leibarzt des Königs, doch trug ihm dieses Ehrenamt, da die Revolution ausbrach, Sorgen und Lebensgefahr ein. Seine schon vorher durch Überanstrengung geschwächte Gesundheit wurde nun vollends zerstört, und nach einer Erkältung, die er sich bei der erzwungenen Teilnahme am berüchtigten Fest für das höchste Wesen zuzog, starb er einige Tage später im Jahre 1794.

Vicq d'Azyrs Lebensweg war also kurz, und seine Arbeitskraft wurde dazu noch zersplittert durch eine Menge praktischer Aufträge, die

er des Verdienstes wegen übernehmen mußte. Auf diese praktische Tätigkeit verwandte er indessen viel Mühe, und seine Arbeiten über Epidemien, Tierheilkunde und Fragen medizinisch-praktischer Organisation sind recht zahlreich. Aber trotz alledem fand er Zeit zu ernsten theoretischen Forschungen auf den Gebieten der Anatomie und Physiologie, und wenn auch die Ergebnisse derselben zu einem nicht geringen Teil nur in Form kurzer Mitteilungen in den Verhandlungen der Akademie vorliegen, so hat er durch sie doch wesentlich zur Entwicklung der Biologie beigetragen. Von einem groß angelegten Werk über Anatomie hat er nicht mehr als den ersten Teil veröffentlichen können, in dem er die Grundsätze darlegt, nach denen seiner Meinung nach das Studium der Anatomie betrieben werden sollte. Er geht dabei zum Teil von der durch Daubenton geschaffenen vergleichenden Anatomie aus, zum Teil von Hallers physiologischen Theorien und Experimenten, und erörtert zu Anfang die alte Einteilung der Naturobjekte in drei Reiche, wobei er findet, daß der wesentlichste Unterschied zwischen lebenden und leblosen Dingen besteht: Pflanzen und Tiere haben gemeinsame Eigenschaften, die den Steinen und Mineralien fehlen. Im Anschluß hieran weist er die alte, noch zu unserer Zeit bisweilen vorkommende Vergleichung des Wachstums bei Organismen und Kristallen scharf zurück. Er betont dabei die mathematisch regelmäßige Form und homogene Struktur des Kristalls im Gegensatz zu den gerundeten Formen der Organismen und ihren verschiedenartig zusammengesetzten Organen, vor allem aber die bestimmt charakteristischen Funktionen der Organismen als unterscheidendes Merkmal des Lebendigen. Diese Funktionen teilt er in folgende Kategorien ein: 1. die Digestion, 2. die Nutrition, 3. die Zirkulation, 4. die Respiration, 5. die Sekretion, 6. die Ossifikation, 7. die Generation, 8. die Irritabilität und 9. die Sensibilität. Das Vorkommen dieser verschiedenen Funktionen und Organe untersucht er darauf bei verschiedenen Lebensformen. Hinsichtlich der Digestion oder Verdauung stellt er fest, daß der Mensch, die Vierfüßer, Wale, Vögel und Krebstiere einen oder mehrere Magensäcke haben, die deutlich vom Schlundrohr und Darm abgesetzt sind, die eierlegenden Vierfüßer, die Schlangen, die Knorpel- und Knochenfische einen Magen in Gestalt einer einfachen Ausbuchtung, die Insekten, Würmer und Zoophyten nur ein Darmrohr und die Pflanzen überhaupt keinen Verdauungskanal. Zu beachten ist die mehr an Aristoteles als an Linné erinnernde Systematik. In der Generation oder Fortpflanzung unterscheidet er die Vermehrung durch lebend geborene Jungen, Eier und Knospen. Bezüglich der Irritabilität werden unterschieden: Insektenlarven, Würmer und Polypen, die einen durchweg kontraktilen oder muskulösen Körper haben, Wirbeltiere, deren Muskeln das Skelett bedecken, Insekten und Krebstiere, bei denen das Skelett die Muskeln bedeckt,

und die Pflanzen, die keine freien Bewegungen besitzen. Gegen dieses System und seine verschiedenen Kategorien können im einzelnen wichtige Einwände gemacht werden, dennoch aber zeugt sie von einem genauen Studium und einer eingehenden Analyse der Lebenserscheinungen. Und in gewissen Fällen hat Vicq d'Azyr unleugbar einen weit schärferen Blick für die Äußerungen und Funktionen des Lebens als irgendein Vorgänger und mancher Nachfolger. Mit besonderer Schärfe kritisiert er die landläufigen Theorien über das Wesen des Lebens. Gegen den Vitalismus, wie er von Stahls Nachfolgern gelehrt wurde, führt er an, daß gewisse Phänomene in der Tat nur bei lebenden Wesen vorkommen, man gewinne aber nichts, wenn man auf die Seele als ihre Ursache hinweise. Sie müßten im Gegenteil als physische Phänomene angesehen und mittels Beobachtung und Experiment studiert werden, aber nicht einem Prinzip zugeschrieben werden, „mit dem der Gedanke sich zur Ruhe begibt in dem Glauben, daß alles getan sei, wo noch alles zu tun übrig ist". Diese Kritik wendet er auf etliche landläufige Hypothesen an und verwirft unter anderem die Annahme, als sei ein Fluidum der Leiter von Impulsen im Nervensystem, denn durch eine derartige Spezifizierung einer wenig bekannten Funktion würden eine Menge Irrtümer veranlaßt, während ein Ausdruck wie „Nervenkraft" weit besser der wirklichen Kenntnis vom Phänomen angepaßt sei. Ebenso kritisiert er die damals verbreitete, von Buffon stammende Theorie von der Herstammung der verschiedenen Teile eines Keimes von den entsprechenden Teilen der Eltern, der später auch Darwin gehuldigt hat. Als Beweis gegen diese Theorie führt Vicq d'Azyr die Tatsache an, daß zwei Eltern normale Nachkommen haben können, auch wenn sie eines und desselben Körperteils beraubt sind, und erscheint also in diesem Punkte als Vorläufer von Ansichten, die die Erblichkeitsforschung unserer Tage hegt.

Als seinen Lehrer in der wissenschaftlichen Kritik nennt Vicq d'Azyr den Aufklärungsphilosophen Condillac (1715—1780), der zu seiner Zeit in großem Ansehen stand und besonders über das Verhältnis der Sinneswahrnehmungen zum Bewußtsein spekulierte. Er behauptete, daß das Bewußtsein von den aus der Außenwelt kommenden Sinneseindrücken gebildet werde, und betont im Zusammenhang damit, daß in der Wissenschaft die Worte genau den Begriffen entsprechen müßten, die sie bezeichnen sollen. Durch das Studium seiner Schriften wurde unzweifelhaft Vicq d'Azyrs Blick auf die Notwendigkeit gerichtet, auch in der Naturwissenschaft klare Begriffe und unzweideutige Bezeichnungen zu haben.

Mehr noch als durch diese Kritik, so verdienstvoll sie an sich auch ist, hat Vicq d'Azyr durch seine vergleichend anatomischen Studien gewirkt, welche leider nur Fragmente wurden. Aber seine Grundsätze,

nach denen er arbeitete, hat er übersichtlich in Form eines Vorlesungsplanes für Anatomie und Physiologie dargelegt. Der Stoff wird zuerst nach den oben angeführten neun Lebensfunktionen eingeteilt. In der Rubrik „Ossifikation“ behandelt er zunächst in beschreibender Form den Knochenbau mit seinen Gelenken und Bindestrukturen, worauf er besondere Knochen bei verschiedenen Tierformen vergleicht, ferner physiologische Experimente über Wachstum und Regeneration von Knochen anführt und zum Schluß einen Bericht über die chemische Zusammensetzung des Knochengewebes gibt. In der Rubrik „Irritabilität“ behandelt er das Muskelsystem zuerst beschreibend, dann vergleichend sowohl hinsichtlich des gröberen Baues, wie auch der feineren Struktur, der Verzweigungen der Blutgefäße und Nerven, und schließlich auch experimentell. In letzterer Hinsicht werden sowohl die Kontraktionen der Muskeln bei Reizung der mit ihnen in Verbindung stehenden Nerven als auch verschiedene Bewegungsformen bei Menschen und Tieren besprochen und dabei Borelli und Perrault als Vorgänger zitiert. In derselben Weise wird in der Rubrik „Sensibilität“ das Nervensystem behandelt und ferner die übrigen Funktionen des Körpers. Das Bemerkenswerteste in dieser Darstellung ist die eingehende Vergleichung eines und desselben Organs bei verschiedenen Tieren, wobei sich Vicq d'Azyr allerdings auf Daubentons Vorarbeiten stützt, aber fraglos weit gründlicher als dieser das vergleichende Programm durchführt. In den Einzelheiten enthalten Vicq d'Azyrs Untersuchungen viele Beiträge von großem Werte, wie sie auch reich an Ideen von großer Tragweite für die Zukunft sind. Besonders hat ihn die vergleichende Anatomie der Säugetiere interessiert. Er setzte fort und vertiefte den von Camper begonnenen Vergleich des menschlichen Körperbaues mit dem der Affen und kommt dabei zu denselben Resultaten wie dieser. In erster Linie studierte er zu diesem Zweck die Extremitätenmuskulatur, wie er überhaupt die Gliedmaßen der Säugetiere verschiedener Klassen genau verglichen hat. Ferner studierte er die Zähne in allen Wirbeltierklassen und hebt dabei den Unterschied zwischen den Zähnen, die in Alveolen befestigt und mit Blutgefäß- und Nervenzweigen versehen sind, und solchen hervor, die auf den Kieferknochen sitzen. Er weist auf die Verschiedenheit der Zähne nach Anzahl und Bau bei Säugetieren von abweichendem Bau und verschiedener Lebensweise hin, indem er hervorhebt, daß die Raubtiere spitze, die Allesfresser höckerige und die Pflanzenfresser schmelzfaltige Zähne haben, und das Fehlen von gewissen Zahnarten bei verschiedenen Tieren feststellt. Er weist auf die Korrelation verschiedener Organe bei den Tieren hin, denn eine gewisse Form der Zähne setze einen bestimmten Bau der Gliedmaßen und des Verdauungskanals voraus, da alle diese Körperteile der Lebensweise des Tieres angepaßt wären. Er hebt auch hervor, wie

diese verschiedenen Eigenschaften jedem Tiere seine besondere Rolle im großen Kampfe anweisen, der in der Natur zwischen den verschiedenen Lebensformen herrscht. Die schwächste Seite seiner vergleichenden Untersuchungen ist der Vergleich zwischen Wirbeltieren und den Wirbellosen. Obgleich er weit vorsichtiger vorgeht als Geoffroy Saint-Hilaire, so fehlt ihm doch der richtige Blick für den Unterschied zwischen den Organen bei den Hauptgruppen des Tierreiches, und es war im allgemeinen gewiß ein Glück für ihn, daß es ihm nicht möglich war, seine Studien auf die wirbellosen Tiere auszudehnen. Auch die Pflanzenwelt zieht er in seine Untersuchungen hinein, jedoch bisweilen mit wenig Glück, z. B. wenn er die Symmetrie der paarblättrigen Pflanzen mit der der Tiere vergleicht, bisweilen aber mit weitausschauendem Zukunftsblick, wenn er weiße und rote Tulpen kreuzt und findet, daß die Nachkommen weiß, rot und mischfarbig sind. Schließlich mag noch erwähnt werden, daß er als beschreibender Anatom ein für seine Zeit vortreffliches Werk über das Gehirn und seine Nervenverzweigungen geschaffen hat, das an Umfang sein größtes ist. In mehr als einer Hinsicht hat also Vicq d'Azyr seine Spuren in der Geschichte der Biologie hinterlassen, und besonders als Vorläufer auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie Bemerkenswertes geleistet.

In Deutschland, wo zu Anfang des 19. Jahrhunderts die Biologie von den Ideen der romantischen Naturphilosophie beherrscht wurde, arbeiteten im Stillen doch noch einige Forscher nach exakten Methoden und bildeten, indem sie die alten Traditionen wahrten und den Weg zu der großartigen Entwicklung der Biologie in nicht allzu ferner Zukunft bahnten, einen vermittelnden Übergang. Unter diesen exakten Naturforschern in einer Zeit phantastischer Träumereien mögen hier einige der hervorragendsten geschildert werden.

Johann Friedrich Blumenbach wurde im Jahre 1752 in Gotha geboren. Sein Vater war Schullehrer, seine Mutter, der er eine besondere Gedenkschrift widmet, eine gute und begabte Frau. Schon als Kind interessierte er sich für Naturwissenschaften und hatte seine Freude daran, aus zusammengelesenen Knochen Skelette zusammenzustellen. Er studierte zuerst in Jena, sodann in Göttingen, wo er seine Dissertation über die Menschenrassen verteidigte, die ihn berühmt machte und ihm schon im Jahre 1776 die Professur in der Anatomie daselbst verschaffte. Als akademischer Lehrer wirkte er fast 60 Jahre, und sein Leben verlief still, bloß unterbrochen von wissenschaftlichen Sammelreisen. Im Jahre 1835 nahm er seinen Abschied und starb 1840. Auf seine alten Tage wurde er ein Original und eine Sehenswürdigkeit Göttingens, die sich nicht ungern sehen ließ, namentlich von angesehenen Reisenden. Auch als Verfasser ist Blumenbach eigentümlich, sein Stil ist schwerfällig, mit langen

Perioden, ab und an untermischt mit gutmütigen, burschikosen Witzen, die bisweilen recht spaßhaft sein können, aber gelegentlich nicht ganz dem Geschmack unserer Zeit entsprechen. Auch seine Vorlesungen sollen mit lustigen Einfällen gewürzt gewesen sein, die zum Gaudium etlicher Generationen von Zuhörern Jahr für Jahr am selben Platz wiederholt wurden. Blumenbach hatte aber auch viele Zuhörer und verstand es, Wissenschaftler heranzubilden, so daß nicht wenige Gelehrte von europäischem Ruf bei ihm den Grund zu ihrem Wissen legten. Auch als Verfasser von Lehr- und Handbüchern war er zu seiner Zeit hervorragend, und er hat nicht wenig dazu beigetragen, bei seinen Landsleuten das Interesse für Naturstudien zu wecken, das gerade in seinem Vaterlande in der nächsten Generation eine so ungeahnte Höhe erreichen sollte. Den Ehrennamen „Magister Germaniae", den er schon zu Lebzeiten erhielt, hat er also redlich verdient.

Als Blumenbachs wissenschaftliches Hauptverdienst wird gewöhnlich angesehen, daß er in Deutschland das Studium der vergleichenden Anatomie einführte, wie es Cuvier später in Frankreich getan hat. Zweifellos hat jedoch das Forscherpaar Buffon-Daubenton hinsichtlich der Einführung der vergleichenden Anatomie die Priorität, aber auch Blumenbach war sicher in erster Linie vergleichender Anatom und hatte diese Wissenschaft in hohem Grade gefördert. Besonders auf einem Gebiete derselben war er bahnbrechend, nämlich in der Anthropologie. Hier hatten Buffon mit seiner beschreibenden und statistischen Methode und Camper mit seiner Studie über den Gesichtswinkel den Weg gebahnt, aber Blumenbach war der erste, der den Stoff systematisch durchgearbeitet und damit den Grund gelegt hat, auf dem alle spätere Forschung weiter fußte. Er legte eine Sammlung an von Schädeln, ganzen Skeletten und Abbildungen von Menschen so vieler Volksstämme, als er deren habhaft werden konnte, und studierte planmäßig die Merkmale an dem von ihm selbst gesammelten oder aus anderen Museen geliehenen Material. Das Ergebnis war eine gründliche Vergleichung der äußeren und inneren Besonderheiten bei verschiedenen Menschenstämmen und eine darauf gegründete Einteilung des Menschengeschlechtes in Rassen. Versuche in dieser Richtung waren schon früher gemacht worden, z. B. von Buffon, aber Blumenbach war der erste, der darin wirklich Erfolg hatte, und seine fünf Rassen, die kaukasische, mongolische, äthiopische, amerikanische und malaiische, wurden der Ausgangspunkt, von dem alle spätere Rasseneinteilung ausging. Und auch seine bestimmt ausgesprochene Auffassung dieser Rassen als Varietäten einer einzigen Art hat noch heute Geltung, trotz einzelner Versuche, mehrere Menschenarten zu unterscheiden. Seine Beschreibungen und Abbildungen von Schädeln sind später von Anders Retzius, Virchow, Broca u. a.

weit übertroffen worden, aber sie bilden doch die Grundlage, auf der die Nachfolger weitergebaut haben.

Neben dem Studium der Rassen hat Blumenbach besondere Aufmerksamkeit der Feststellung solcher Merkmale gewidmet, durch die sich der Mensch von den übrigen Säugetieren, namentlich von den menschenähnlichen Affen unterscheidet. Mit Camper glaubte er fest an die Grundverschiedenheit von Menschen und Affen und er war es auch, der die Linnésche Ordnung Primates in zwei Ordnungen teilte, die Bimana, d. h. die Menschen, und die Quadrumana oder Affen. Zur Stütze dieser seiner Ansicht sammelte er so viele anatomische, morphologische und psychologische Beweise, als er aufbringen konnte. Viele von diesen anatomischen Einzelmerkmalen sind zweifellos richtig beobachtet, während andere dagegen auf anatomisch falscher Auffassung beruhen, wie die Behauptung, die Affen hätten vier Hände, der Mensch aber zwei. Indessen wurde seine Anschauung von Biologen der nächstfolgenden Zeit geteilt, und so wurde Blumenbach eigentlich Urheber der meisten jener Einwände, die von konservativen Gegnern gegen den Darwinismus vorgebracht wurden. Auch sonst konnten jene Vorkämpfer der hohen Würde des Menschen mit Blumenbach zufrieden sein, denn er glaubte, wenigstens was den Menschen betrifft, an die Abstammung der Arten von je einem erschaffenen Paar und hielt die kaukasische Rasse für die ursprüngliche, von der die übrigen durch „Entartung" infolge klimatischer und ökonomischer Verhältnisse sich abzweigten. Während des Streites um den Darwinismus erntete daher der alte Blumenbach wenig Dank seitens der Fortschrittler, aber eine spätere Zeit mußte in ihm gerechterweise den Schöpfer der vergleichenden Anthropologie sehen.

Blumenbachs Forscher- und Lehrtätigkeit erstreckt sich auch auf andere Gebiete, und in der Tat hat er, gleich wie Linné, alle drei Reiche der Natur behandelt. Sein botanisches Wissen wurzelt ganz in Linné, dessen System er unverändert anwendet, und auch in der Mineralogie waren seine Leistungen wenig bemerkenswert. Auch als Zoologe arbeitete er in engen Grenzen. Die Wirbellosen behandelt er ganz summarisch. Die Wirbeltiere dagegen hat er gründlich studiert, und zwar vom Standpunkt des vergleichenden Anatomen. Ihre Anatomie, namentlich das Knochensystem, wird besonders bei den Säugetieren eingehend behandelt, und auf diesem Gebiete schließt sich sein Werk würdig den Arbeiten von Daubenton und Vicq d'Azyr an. Im Gegensatz zum letztgenannten teilt er seine vergleichende Anatomie nach Organen, nicht nach Funktionen ein, was dem ganzen Werke ein moderneres Gepräge gibt. Freilich interessierte er sich lebhaft auch für physiologische Fragen und meinte auf diesem Gebiete etwas wesentlich neues geschaffen zu haben. In einer Abhandlung unter dem Titel „Über den Bildungstrieb"

stellt er eine Theorie für Fortpflanzung und Embryonalentwicklung auf, auf die er später immer wieder zurückkommt. In dieser Arbeit wird zu Anfang über frühere Entwicklungstheorien berichtet und die Präformationstheorie kritisiert und verworfen, wobei u. a. Bonnets Einschachtelungstheorie wie gewöhnlich die Zielscheibe für satirische Bemerkungen bildet und die Spermatozoen für Parasiten erklärt werden. Schließlich wird die Epigenesistheorie als die einzig richtige Erklärung des Entwicklungsphänomens hingestellt, und Blumenbach läßt wie C. F. Wolff das Individuum sich aus einer vollkommen unorganisierten Masse entwickeln. Übrigens verurteilt er Wolffs Theorie von der „Vis essentialis“ und läßt die Entwicklung unter dem Einfluß eines besonderen „Bildungstriebes“ geschehen, der sich nicht bloß bei der Keimentwicklung, sondern auch bei jeder Art von Wachstum, Regeneration und Reproduktion lebender Wesen zeigt. Dieser Bildungstrieb oder Nisus formativus soll indessen nicht mit anderen „Lebenskräften“, wie Irritabilität und Sensibilität, verwechselt werden, mit denen zusammen er an der Erhaltung des Lebens mitwirkt. Blumenbach betont ausdrücklich, daß diese „Kräfte“ nur als Ausdruck für Vorgänge zu betrachten seien, deren Wirkung man sehe, ohne ihre Ursachen zu kennen. Daneben redet er aber auch vom Körpermechanismus, und ein nach Stahls Art durchgeführtes vitalistisches Gedankensystem hat also Blumenbach nicht geschaffen, wie er überhaupt in seinen Spekulationen wenig konsequent ist. Blumenbachs Verdienst liegt überhaupt mehr im Bereiche der Vergleichung als dem der Spekulation.

Ein mit Blumenbach in wissenschaftlicher Hinsicht ebenbürtiger Zeitgenosse war Samuel Thomas Sömmerring (1755—1830). Er war geboren in der damals polnischen Stadt Thorn als Sohn deutscher Eltern. Sein Vater war Stadtarzt, und der Sohn wurde früh für den ärztlichen Beruf vorbereitet. Seine ersten Studien betrieb er in Göttingen, wo Blumenbach einer seiner jüngsten Lehrer war, und studierte später in Holland bei Camper und in England bei Hunter Anatomie. Seine Jugend erinnert an die Swammerdams, da auch sein Vater ihn so bald als möglich in der ärztlichen Praxis sehen wollte und sich eigensinnig seinen kostspieligen Plänen betreffend rein wissenschaftlicher Studien widersetzte. Aber der junge Forscher war in diesem Fall so glücklich, durch eigene Ausdauer und die Fürsprache guter Freunde schließlich doch von Hause das nötige Studiengeld zu erhalten, so daß er, wenn auch in dürftigen Verhältnissen, so lange ausharren konnte, bis er es zu Ansehen und Einkünften brachte. Er bekleidete nacheinander Professuren in Kassel, Mainz und München, verbrachte dazwischen aber einige Jahre als praktischer Arzt in Frankfurt a. M., wo er heiratete und eine wirkliche Heimat fand. Hier verlebte er auch sein letztes Jahrzehnt in Glück und

Frieden, umgeben von Freunden und beschäftigt mit wissenschaftlichen Arbeiten.

Sömmerring stand hinsichtlich seiner allgemeinen Auffassung von der Natur in gewisser Hinsicht unter dem Einfluß der mystisch-naturphilosophischen Spekulationen seiner Zeit. In Kassel schloß er sich der Vereinigung der Rosenkreuzer an und interessierte sich für Goldmacherei und Geistersehen, sah aber später seinen Irrtum ein und hörte mit beiden auf. In Mainz auf dem Höhepunkt seiner Leistungen widmete er sich ausschließlich anatomischen Studien und führte eine große Anzahl wertvoller Einzeluntersuchungen aus. Wie Albinus, den er zu seinem Vorbilde gewählt hatte, stellte er bei sich einen geschickten Zeichner an, mit dessen Hilfe er mehrere vorzügliche Sammelwerke herausgab, darunter eines über den ganzen menschlichen Körper, das nie beendet worden ist, dessen erschienene Teile sich aber durch übersichtliche Zusammenstellung und gute Beschreibungen auszeichnen, ferner auch Einzeluntersuchungen z. B. eine Darstellung verschiedener Mißgeburten, die er in einer Reihe von Jahren gesammelt hatte, und eine vergleichende Untersuchung der Seh- und Hörorgane verschiedener Menschenrassen und endlich eine Anzahl von Einzeluntersuchungen von verschiedenem Inhalt und Wert. Eine eigentümliche Vermischung von anatomischen Untersuchungen und naturphilosophischen Spekulationen findet sich in seinem Kant gewidmeten Werke „Über das Organ der Seele“. Er gibt in demselben eine eingehende Beschreibung des Gehirnes und seiner Nerven, die durch schöne Tafeln erläutert wird. Für jene Zeit besonders vortrefflich ist seine Erforschung des Ursprungs der Nervenstämme, und noch größeres Verdienst hat er sich dadurch erworben, daß er zum ersten Male das sympathische Nervensystem behandelt hat als ein vom zentralen Nervensystem unabhängiges Nervenpaar, welches wohl mittelbar, aber nicht unmittelbar mit dem Gehirn und Rückenmark zusammenhängt. Diese ganze Gehirnuntersuchung wird aber zur Grundlage einer höchst phantastischen Spekulation über das Gehirn als Organ der Seele gemacht, oder, genauer ausgedrückt, über die Lage des „Sensorium“, das er auf deutsch den „gemeinschaftlichen Empfindungsort“ nennt, d. h. den Teil des Gehirns, wo die Sinneseindrücke zusammenkommen und zusammenwirken. Solche Ideen über einen lokal bestimmbaren Sitz der Seele im Gehirn sind ja schon lange vorher im Schwange gewesen. Descartes verlegte ihn in die Zirbeldrüse, Perrault in das verlängerte Rückenmark, und nur Swedenborg allein wurde von seiner genialen Intuition auf den richtigen Weg geleitet, als er auf die Pyramidenzellen des Großhirns hinwies. Sömmerring sucht zu beweisen, daß alle Gehirnnerven in den zentralen Hohlraum des Gehirns einmünden, und nimmt daraufhin an, daß die Hirnhöhlenflüssigkeit das Organ des Bewußtseins wäre,

wobei ihn nur die eine Frage stutzig macht: „Kann eine Flüssigkeit animiert sein.“ In der Bibel, bei Aristoteles und modernen Schriftstellern findet er jedoch Anzeichen, daß dem so sein könne. Diese Behauptung, die in unserer Zeit, bei unseren Spekulationen über flüssiges und halbflüssiges Protoplasma und seine Derivate nicht so ganz wahnsinnig klingt, weckte jedoch bei Sömmerrings Zeitgenossen große Bedenken, wie überhaupt seine Beweisführung die damaligen Naturwissenschaftler vor den Kopf stieß. Sein guter Freund Goethe schrieb ihm einen Brief, in dem er ihn besonnen und scharfsinnig kritisiert, anders als er leider oft in seinen eigenen Schriften verfährt, und ihn davor warnt, philosophische Spekulationen in naturwissenschaftliche Untersuchungen zu verflechten. Und Sömmerring wurde in der Tat durch den Schaden klug, denn seine späteren Arbeiten sind im großen und ganzen naturwissenschaftlich, wodurch sein Ansehen als einer der besten Anatomen seiner Zeit sich mehr und mehr befestigte.

Der modernen Auffassung vom Bau des Gehirns und Nervensystems weit näher kam ein Zeitgenosse Sömmerrings, ein Forscher, der allerdings durch eigene Schuld in einem zweifelhaften Rufe steht, nämlich der „Phrenologe“ Franz Joseph Gall (1758—1828). Geboren in Baden, kam er als Student der Medizin nach Wien, wurde hier Doktor und praktizierender Arzt und vertiefte sich gleichzeitig in das Studium des Baues und der Lebensäußerungen des Gehirns. Seine Ideen über diesen Gegenstand machte er in Schriften und öffentlichen Vorträgen bekannt, und als diese schließlich, weil zu „materialistisch“, verboten wurden, verließ er Wien (1805) und reiste in Begleitung seines Freundes und Schülers Spurzheim einige Jahre in Deutschland umher, überall seine Ideen mitteilend, die allgemeine, aber nicht immer schmeichelhafte Aufmerksamkeit erregten. Hernach ließ er sich in Paris nieder, wurde französischer Bürger und lebte von seiner Praxis, deren Eigentümlichkeit in der Verordnung von Arzneien unbekannter Zusammensetzung bestand und ihm die Feindschaft der Kollegen zuzog. Aber auch die Gelehrten vom Fach mieden ihn, und die Tore der Universitäten und Akademien waren für ihn verschlossen. Desto mehr interessierte sich die Menge für seine Lehren, die nach seinem Tode von vielen Leuten, meist Dilettanten, verkündet wurden, welche seine Theorien völlig in Mißkredit brachten, bis sie vergessen wurden.

Indessen hat Gall einen unleugbaren Einfluß auch auf die ernste Wissenschaft ausgeübt. Er war nämlich zweifellos einer von den genialsten Gehirnanatomen seiner Zeit, und seine diesbezüglichen Theorien haben eine große Bedeutung für die Entwicklung dieses Wissenszweiges gehabt. Bei seiner Darstellung des Nervensystems geht er nicht vom Gehirn aus, wie es seine Zeitgenossen machten, sondern von dem einzelnen Nerven-

faden, den er für den einfachsten Nerventypus ansieht, der sich schon bei den Würmern findet, und aus dem die Natur alle höheren Nervenformen entwickelt hat: Die Ganglien als Sammelpunkte mehrerer Nervenfäden und das Rückenmark, welches aus einer Serie von Ganglien, durchzogen von Massen von Nervenfäden und verbunden durch Querfäden, besteht. Durch das Rückenmark werden die Nerven hinauf in das Gehirn geleitet, wo sie in der Rindensubstanz endigen, die das „Ganglion“ des Gehirns bildet. Hier in der Hirnrinde, namentlich in den Windungen des Großhirns, sind alle Funktionen des Nervensystems vereinigt, weshalb auch das Großhirn um so entwickelter ist, je höher die Intelligenz. In der Hirnrinde seien nun alle verschiedenen Seeleneigenschaften des Menschen lokalisiert, sie beruhten auf erblichen Anlagen und bildeten zusammen die Seele, welche also nicht auf eine besondere Stelle im Gehirn beschränkt sei, wie die alten Anatomen annahmen. Das Neue und für die Zukunft Wertvolle in dieser Nerventheorie ist erstens die Betonung der Bedeutung der Leitungsbahnen, ferner und vor allen Dingen die Verlegung des Seelenlebens in die Großhirnrinde und schließlich die Annahme erblicher Seelenanlagen. Besonders die Ansicht, daß die Großhirnrinde das Organ des Intellekts sei, hat sich bewährt. Inwieweit Gall, der zweifellos über gründliche Kenntnisse der Einzelheiten der Gehirnanatomie verfügte, das selbst festgestellt hat, oder wieviel er von seinen Vorgängern entliehen, läßt sich nicht gut bestimmen. Eigentümlich ist es jedenfalls, daß er unter den Autoritäten auf diesem Gebiete auch Swedenborg anführt, den er also studiert hat, und der ihm wohl den Impuls hierzu hat geben können. Jedenfalls hat er Swedenborgs Lehre von der wesentlichen Rolle der Pyramidenzellen in der Tätigkeit des Gehirns nicht in seine Theorie aufgenommen. Im Gegenteil übersieht er sie und sieht in der Hirnrinde nur verfilzte Nervenfäden. Galls Lehre bildet demnach einen großen Fortschritt in der Richtung auf unsere heutige Auffassung der Teile des Gehirns und hat zweifellos, obwohl von den Zeitgenossen stark angezweifelt, auf die Gehirnforschung einen großen Einfluß ausgeübt. Dasselbe gilt auch von Galls Annahme erblicher Seelenanlagen, die einen deutlichen Fortschritt bedeutet gegenüber dem naiven Glauben der Philosophen der Aufklärungszeit, alle Menschen hätten gleiche Anlagen für Tugend und Verstand, die bloß einer geeigneten Erziehung bedürften, um sich zu entwickeln. Leider zog Gall aus seiner Theorie die absurdesten Schlüsse. Er suchte und fand im Gehirn Organe für alle Arten intellektueller und moralischer Eigenschaften, für Verstand und Schönheit, Liebe und Gottesfurcht ebenso wie für Diebstahl und Mord. Er glaubte sogar aus den Unebenheiten der Schädeloberfläche auf die Seeleneigenschaften schließen zu können, in der Meinung, der Schädel wäre genau nach dem Gehirn geformt. Dieses Studium, das er „Kranio-

skopie“ nannte, artete bald in reinen Schwindel aus, und besonders das Aufsuchen von „Geniehöckern“ zum Beweise einer hohen Begabung ihrer Besitzer wurde ein gutes Geschäft für Quacksalber und Betrüger. Dieser Unsinn hat das wirklich Gute verdunkelt, das Gall in der biologischen Wissenschaft geleistet.

Der Naturphilosophie nahe stand auch Johann Christian Reil (1759—1813). Er war ein Pfarrerssohn aus Ostfriesland, studierte in Göttingen und Halle Medizin, ließ sich als praktischer Arzt in seiner Heimat nieder, wurde hernach als Professor der inneren Medizin nach Halle berufen, wo er zugleich auch das Amt eines Stadtarztes bekleidete. Als die Universität in Berlin eröffnet wurde, berief man ihn als Professor dorthin, doch verließ er bald dieses Amt, um als Militärarzt am Kriege gegen Napoleon teilzunehmen. Die auf den Krieg folgende Typhusepidemie raffte auch ihn hinweg.

Reils Einfluß war vielseitig und bedeutend. Seine Zeitgenossen schätzten ihn sehr, und unter den skandinavischen Ärzten hat ihn namentlich Hwasser studiert und bewundert. Als Praktiker beherrschte er ein großes Gebiet. Er faßte in einem großen Werk alles zusammen, was man zu seiner Zeit von Fiebererscheinungen und ihrer Behandlung wußte, und noch eingreifender war seine Tätigkeit auf dem Gebiete der Psychiatrie, die er gründlich reformierte. Er setzte es durch, daß die unmöglichen Zustände in den Irrenhäusern verbessert wurden, und trat für die Einführung der Psychiatrie als eines selbständigen Lehrfaches auf den Universitäten ein. Alle seine praktischen Bestrebungen wollte er auf ein genaues Studium der Körperfunktionen gründen und begann zu diesem Zweck im Jahre 1796 eine Zeitschrift unter dem Titel „Archiv für Physiologie“ herauszugeben, die unter verschiedenen Namen und Redaktionen sich bis in unsere Tage erhalten hat. In einem Programmaufsatz stellte er in dieser Zeitschrift eine allgemeine biologische Theorie auf, die von großem Einfluß auf seine Zeitgenossen war und deshalb hier besprochen zu werden verdient. Diese Abhandlung „Von der Lebenskraft“ enthält gleich vielen anderen aus dieser Übergangszeit neben einer Menge für seine Zeit und die Nachwelt fruchtbarer Ideen kritiklose Phantasien in großer Zahl. Nach einer philosophischen Einleitung über die Begriffe Materie, Erscheinung und Vorstellung kritisiert Reil die vitalistische Spekulation früherer Zeiten und hebt mit deutlichem Hinweis auf Stahl hervor, daß Erscheinungen im Tierreiche nie auf eine immaterielle Seele zurückgeführt werden können, weil durch die Annahme übernatürlicher Einflüsse nichts erklärt werde. Es sollte im Gegenteil die Ursache aller Phänomene im Tierkörper, die nicht Vorstellungen sind, in der Materie des Körpers und in der „Form und Mischung“ ihrer verschiedenen Bestandteile gesucht werden, denn auf der verschiedenen „Mischung“ der

Materie in den Muskeln, Nerven und Knochen beruhen die verschiedenen Eigenschaften und Funktionen dieser Teile. Reil hat hier nicht nur von Stahl gelernt, sondern auch von der Tierchemie, die sich im Anschluß an Lavoisier gerade in seiner Zeit entwickelte. Leider steht er aber in dieser Hinsicht durchaus nicht auf der Höhe der Forschung seiner Zeit und hat z. B. die Wechselbeziehung des Gasaustausches zwischen den Tieren und den Pflanzen nicht verstanden, obwohl sein Zeitgenosse Schelling dieses Verhältnis klar begriff und ihm eine grundlegende Bedeutung beimaß. Ferner teilt Reil noch den alten Volksglauben, daß das Samenkorn im Boden und das noch unbebrütete Ei „tot“ seien und erst durch Zufuhr von Wärme und anderen feineren Lebensbestandteilen belebt würden. Hier zeigen sich die Schwächen in Reils Spekulation, und überhaupt sind es die Chemie und Philosophie, die ihn auf bedenkliche Abwege führen. Indem er also den Begriff der Kraft in der Natur als das Verhältnis zwischen den Erscheinungen und den Eigenschaften der Materie definiert, erklärt er im Anschluß hieran die Lebenskraft der Lebewesen als das Verhältnis zwischen mehr individualisierten Erscheinungen und einer besonderen Art Materie und unterscheidet dabei zwischen einer vegetativen Kraft bei den Pflanzen, einer animalischen Kraft bei den Tieren und der Vernunft beim Menschen. Das Wachstum in der unbelebten und lebenden Natur wird auf eine und dieselbe Art erklärt, woraufhin das Wachstum der Tiere direkt als „tierische Kristallisation“ bezeichnet wird. Neben diesen Phantasien gelingt jedoch Reil eine Klärung des Organbegriffes, die zweifellos einen großen Fortschritt bildet. Ausgehend von der Theorie des älteren Darwin, daß die Faser das Grundelement des Tierkörpers sei, schildert er verschiedene Kategorien von Fasern: Zellgewebsfasern, Knochen-, Muskel- und Nervenfasern. Aus diesen Fasern bestehen zusammengesetztere Organe, wie Nerven, Knochen, Bänder, Muskelsubstanz, und schließlich werden aus diesen Bestandteilen in ungleicher Beteiligung die Organe höherer Ordnung, nämlich Eingeweide, Sinnesorgane und Muskulatur gebildet. Hier dämmert unleugbar der Begriff des Gewebes, den später Bichat unabhängig von Reil und vielseitiger und tiefer als dieser entwickelte. Zweifellos hat aber Reil dazu beigetragen, einem kommenden Geschlechte besonders in Deutschland die Begriffe zu formen, auf denen die anatomische Wissenschaft weiterbauen konnte.

2. Humboldt.

Im Zusammenhang mit den vorigen verdient ein Forscher erwähnt zu werden, der gleich jenen sowohl in der Geschichte der Naturphilosophie, als auch in der der exakten Forschung seinen Platz hat, dessen Ruhm aber jene bei weitem überstrahlt und der allgemein zu den größten Per-

sönlichkeiten der Wissenschaft gerechnet wird, nämlich Alexander von Humboldt. Er wurde im Jahre 1769 in Berlin in einer vornehmen und wohlhabenden Familie geboren. Sein Vater war Kammerherr am königlichen Hofe, seine Mutter stammte aus einer französischen Familie, die wegen ihres protestantischen Glaubens nach Deutschland ausgewandert war. Nachdem er auf der Universität in Göttingen und der Bergakademie in Freiberg studiert hatte, war er einige Jahre Beamter im preußischen Bergamt, bis ihm eine größere Erbschaft die Möglichkeit bot, sich ganz der Naturwissenschaft zu widmen. Nach vorbereitenden Studien und Reisen in Europa begab er sich im Jahre 1799 auf eine Forschungsreise nach Südamerika, deren Kosten er selbst trug und auf der er jenen Kontinent so gründlich in verschiedenen Richtungen durchforschte, daß man ihn den zweiten Entdecker Amerikas nannte. Nach 5 Jahren kehrte er mit reichen Sammlungen nach Europa zurück, deren Bearbeitung Jahrzehnte dauerte und ihn veranlaßte, längere Zeit in Paris zu verweilen, wo er ein umfangreiches Werk über seine Reise herausgab, das ihn weltberühmt machte. Sein Vermögen war für die Reise und ihre Beschreibung aufgegangen, aber der König von Preußen hielt ihn durch eine gut dotierte Anstellung als Kammerherr schadlos. Eine Universitätsanstellung schlug er aus. Im Jahre 1827 nahm er wieder seinen Wohnsitz in Berlin, wo er den Rest seines Lebens verbrachte und von wo aus er nur noch eine Forschungsreise nach Rußland und Sibirien unternahm. In naher Berührung mit der königlichen Familie, aber doch bei den freien Ansichten aus der Jugendzeit verharrend, geehrt als einer von den großen Männern der Wissenschaft und gern gesehen wegen seines liebenswürdigen Wesens, lebte er bis in ein hohes Alter, unablässig sich auf verschiedenen Gebieten der Wissenschaft betätigend, wenn auch zum Schluß seine Kräfte versagten. Er starb im Jahre 1859.

Humboldt war eine wissenschaftlich und auch künstlerisch reich begabte Persönlichkeit und hat einen außerordentlich vielseitigen Einfluß auf die Entwicklung der Naturwissenschaft ausgeübt, obschon er auf keinem der einzelnen Gebiete derselben Höchstleistungen aufzuweisen hat. Als reisender Naturforscher ist er unübertroffen, und die Geographie hat er zu einer selbständigen Wissenschaft erhoben. Besonders die Klimatologie hat ihm ihre Grundprinzipien zu verdanken, z. B. die Methode, durch die Isothermen auf der Karte die Orte gleicher Jahrestemperatur zu verbinden, stammt von ihm. Jahrzehnte widmete er dem methodischen Studium des Erdmagnetismus, und die magnetisch-meteorologischen Observatorien, die sich überall auf der Erde finden, verdanken gleichfalls ihm ihre Entstehung. Als Geologe hat er sich namentlich durch das Studium des Vulkanismus verdient gemacht. Er war es, der feststellte, daß die Vulkane, in Linien geordnet, längs Spalten der Erdkruste vorkommen.

Aber auch biologische Fragen interessierten ihn lebhaft. Eine Theorie vom Leben im allgemeinen, die er in seiner Jugend aufgestellt hatte, erschien, sehr bezeichnend für ihn und seine Zeit, in Form einer mythologischen Erzählung unter dem Titel: „Die Lebenskraft oder der rhodische Genius.“ Der Inhalt ist folgender: Das Leben wird durch eine Kraft erhalten, die die Grundstoffe, aus denen der Körper besteht, hindert, den Affinitätsgesetzen zu folgen, die in der anorganischen Natur gelten[1]. Im Alter gab er jedoch diese phantastische Theorie auf und warnt in seinen späteren Schriften vor Spekulationen über die Lebenskraft überhaupt. Größere Exaktheit bewies er schon in seinen kurz vor der amerikanischen Reise veröffentlichten Untersuchungen über die Wirkung der Elektrizität auf Muskeln und Nerven, die er zum Teil an sich selbst ausgeführt hat und die neben etlichen naturphilosophischen Phantasien Anregungen enthalten, die den Untersuchungen einer späteren Zeit über elektrische Phänomene im Tierreiche zugute kamen.

Sein größtes Verdienst um die Biologie erwarb er sich jedoch als Schöpfer der Pflanzengeographie. Schon Linné hatte, wie wir vorher sahen, ein lebhaftes Interesse und ein offenes Auge für die Lebensbedingungen der Pflanzen. Seine Untersuchungen über die Standorte und Verbreitungsmöglichkeiten der Pflanzen wurzelten jedoch ganz und gar in der Systematik. Humboldts Interesse dagegen war von Anfang an ganz anderer Art. Er betrachtet als Naturphilosoph das Leben als Ganzes, studiert seine verschiedenen Erscheinungen und verweilt schließlich bei den besonderen Bedingungen, die Boden- und Klimaverhältnisse der Pflanzenwelt in verschiedenen Erdstrichen darbieten. Er wirft die Frage auf, wie die Form der Pflanzen von solchen Lebensbedingungen beeinflußt wird, und sucht nach einem Zusammenhang zwischen dem Eindruck, den der Beschauer von einem Landschaftsbilde empfängt, und der Form der die Landschaft beherrschenden Gewächse. Aus diesem Gesichtspunkte entwirft er halb künstlerische, halb naturwissenschaftliche Bilder von der Vegetation unter verschiedenen Breitengraden und zeigt, daß jede Gegend ihre eigene charakteristische Naturphysiognomie hat. Er unterscheidet also charakteristische Pflanzentypen nicht auf Grund systematischer Merkmale sondern nach dem Eindruck, den der Beschauer von ihrer Form im allgemeinen erhält, und stellt 16 solcher landschaftbildender Pflanzentypen auf mit der Bemerkung, daß ihre Anzahl sicher vermehrt werden könnte. Als Beispiele dieser Typen mögen hier genannt sein: der Palmentypus, die Bananenform, der Heidekrauttypus, der Kaktustypus, der Orchideentypus, der Nadelholztypus, die Gräser, Farren-

1) Der Gedankeninhalt dieser Sage zeigt deutlich den Einfluß von Stahls bereits früher von uns angeführter Theorie über die Seele als die Kraft, welche den Zerfall der chemischen Bestandteile des Körpers verhindert.

kräuter und Lilien. Diese Auffassung des Pflanzenlebens und die Gruppierung der Gewächse nach allgemeinen Lebensbedingungen an Stelle der Artnomenklatur bezeichnet einen neuen Gesichtspunkt. Humboldt hat hier freilich, wie er selbst zugibt, von Buffon und einer Anzahl älterer Landschaftsschilderer gelernt, er hat jedoch aus ihren Anregungen und eigenen Beobachtungen ein neues Forschungsgebiet geschaffen, das erst in der letzten Zeit mit großem Erfolge bearbeitet und erweitert wurde.

Während der letzten Jahrzehnte seines Lebens widmete sich Humboldt der Ausarbeitung einer universalen Weltbeschreibung, die bestimmt war, alles an möglicher Erklärung und vorhandenem Wissen über das Weltall wiederzugeben, sowohl in naturwissenschaftlicher, als auch in geschichtlicher und künstlerischer Hinsicht. Diese Riesenarbeit, deren Ausführung natürlich die Kraft eines Mannes überstieg, benannte er „Kosmos". Der erste Teil erschien in seinem 75. Lebensjahr, einer von den letzten des unvollendeten Werkes erst nach seinem Tode. Einen großartigeren Gedanken hat kein Naturforscher der neueren Zeit gefaßt, und wenn auch die Ausführung nicht anders als fragmentarisch und lückenhaft sein konnte, so enthält das Werk doch eine Fülle von wertvollem Tatsachenmaterial und ist gleich Humboldts übrigen Werken in stilistischer Hinsicht unübertrefflich. Die Idee der romantischen Naturphilosophie, eine einheitliche Naturauffassung, besitzt in Humboldts Kosmos ihr ehrenvollstes Denkmal. Es wirkt fast symbolisch, daß ihr Schöpfer im selben Jahre verschied, als Darwin sein Werk von der Entstehung der Arten herausgab. Die moderne Entwicklungslehre trat in dem Moment auf, als die Naturphilosophie endete.

3. Lamarck.

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, gewöhnlich Chevalier de Lamarck genannt, wurde in der Picardie im nördlichen Frankreich im Jahre 1744 geboren als einer der jüngsten Söhne einer kinderreichen und armen Adelsfamilie. Er wurde früh in ein Jesuitenseminarium abgegeben, damit er mit der Zeit als Priester ein bequemes Auskommen habe. Diese Aussicht behagte ihm schon von Anfang an gar nicht, aber solange sein Vater lebte, mußte er sich fügen. Als er 17 Jahre alt war, starb sein Vater und er erbte eine Summe, die gerade ausreichte zum Ankauf eines schlechten Pferdes. Auf diesem ritt er zum französischen Heere, das während des siebenjährigen Krieges im Felde lag, und meldete sich als Freiwilliger. Tags darauf fand eine Schlacht statt, und die Kompagnie, bei der er eingetreten war, hatte große Verluste; Befehl und Unterbefehl fielen, Lamarck aber sammelte den Rest der Mannschaft und hielt sich, bis Hilfe kam. Ein Leutnantspatent war der Lohn dieser Tat, aber weiter ging es mit der Beförderung nicht; er erhielt Garnisonsdienst in Toulon

und nach Schluß des Krieges wegen Kränklichkeit seinen Abschied mit einer kleinen Pension. Er mußte sich nun nach einem neuen Erwerb umschauen und begab sich zu diesem Zweck nach Paris, wo er in den folgenden 15 Jahren als literarischer Tagelöhner sein Brot verdiente, in einer Dachkammer im Quartier latin lebte und ein Bohèmeleben führte, wie es unzählige Male in Pariser Romanen geschildert worden ist. Während dieser schweren Zeit entwickelte sich bei Lamarck immer stärker die Liebe zur Naturwissenschaft, besonders zur Botanik. Schon während der Garnisonszeit hatte er sich für die reiche und merkwürdige Flora der Mittelmeerküste interessiert, und sein Wissensdrang nahm zu in Paris, wo zu jener Zeit Buffon das Interesse für die lebende Natur wach erhielt. Dieser war es auch, der dem armen Schriftsteller den Weg zu wissenschaftlichen Erfolgen ebnete. Er interessierte sich für eine Flora Frankreichs, die Lamarck verfaßt hatte und führte ihn in die Akademie der Wissenschaften ein. Außerdem erhielt Lamarck Gelegenheit, als Begleiter des jungen Sohnes von Buffon mehrere Länder Europas zu bereisen und wurde schließlich Assistent an der botanischen Abteilung des naturhistorischen Museums. Jedoch erst während der Revolution erhielt Lamarck eine auskömmliche Anstellung. Der Nationalkonvent, der alles neuschaffen wollte, richtete eine Anzahl neuer Professuren ein, darunter zwei für Zoologie, und da sich keine geeigneteren Kandidaten fanden, erhielt die eine der Botaniker Lamarck und die andere der bereits geschilderte Geoffroy Saint-Hilaire, welcher bis dahin sich meist mit Mineralogie beschäftigt hatte. Diese beiden improvisierten Zoologen teilten sich in die Vorlesungen in der Weise, daß Geoffroy die Wirbeltiere, Lamarck die Wirbellosen übernahm. So wurde Lamarck im Alter von 50 Jahren in ein Forschungsbereich eingeführt, in dem er mit der Zeit den Ruhm eines Bahnbrechers sich erwerben sollte. Der Rest seines Lebens verlief unter emsiger Arbeit auf dem von ihm so spät betretenen Wege. Still und anspruchslos strebte er nach keinen Auszeichnungen und erhielt auch keine. Sein Lebenszuschnitt war stets ärmlich, besonders zum Schluß, nachdem er durch unglückliche Spekulationen das kleine Vermögen, das er sich erworben, verloren hatte. Aber auch unter Familiensorgen hatte er mehr als andere zu leiden. Er war viermal verheiratet und verlor alle seine Lebensgefährtinnen durch den Tod, und von seinen sieben Kindern starben auch die meisten in der Jugend. Zwei Töchter, die sich ganz seiner Pflege widmeten, waren der Trost seines Alters, und mit ihrer Hilfe arbeitete er, der in den letzten Jahren blind war, bis an sein Ende. Er starb im Jahre 1828, und der letzte Teil seiner Arbeit, die ihn bis zuletzt beschäftigt hatte, erschien nach seinem Tode.

Wie Lamarcks Lebensschicksale in der Geschichte der Biologie eigenartig dastehen — ein verabschiedeter Leutnant ohne wissenschaft-

liche Vorbildung, der sich vom schriftstellernden Bohèmien zum berühmten Gelehrten hinaufarbeitet und im Alter von 50 Jahren in einem Fache Professor wird, das er nie vorher studiert hat —, so ist auch das spätere Urteil über ihn in hohem Grade eigenartig ausgefallen. Bei seinen Zeitgenossen war er in erster Linie als Systematiker angesehen, und auf diesem Gebiete hat er auch, wie wir weiterhin sehen werden, eine wertvolle und gediegene Arbeit ausgeführt. Außerdem aber veröffentlichte er eine Anzahl entwicklungsgeschichtlicher Werke auf spekulativer Grundlage, und diese wurden von den Zeitgenossen und der nächstfolgenden Generation kaum beachtet. Von den richtigen Naturphilosophen wurden sie aus später zu besprechenden Gründen übersehen, und die Vertreter der folgenden Periode exakter Forschung betrachteten sie als phantastische Spekulationen. Erst mit dem Siege der modernen Abstammungslehre kam Lamarck zu Ehren. Besonders Haeckel, der überall nach Vorläufern für seine Theorie fahndete, deren Förderung ihm Lebensaufgabe war, wies auf Lamarck als auf einen Bahnbrecher der modernen Naturforschung hin, und seinem Beispiel folgte eine ganze Gruppe von Forschern, die in Lamarcks Theorien die Grundlage für eine richtige Auffassung der Entwicklung in der Natur sahen. In den letzten Jahrzehnten hat diese sogenannte neulamarckistische Schule an Zahl und Einfluß wohl abgenommen, aber dennoch wird Lamarck selbst zu den Vorläufern der modernen Biologie auch heute noch gerechnet.

Die Ursache dieser verschiedenen Beurteilung liegt wohl hauptsächlich in der Art von Lamarcks wissenschaftlichen Leistungen. Er war, wie aus seiner Lebensbeschreibung hervorgeht, sein eigener Lehrer, und ihm fehlte jede systematisch wissenschaftliche Schulung. Daher trägt auch seine Leistung in hohem Grade den Stempel des Dilettantentums: Zerfahrenheit, Unklarheit in Gedanken und Ausdruck, kühn geniale Ideen neben bizarren Einfällen. Besonders seine früheren Arbeiten, etwa bis zur Jahrhundertwende, sind sehr gemischten Inhalts und von ungleichem Wert. Außer einer Anzahl botanischer Schriften schrieb er über Meteorologie und Geologie und gab eine Sammlung von Aufsätzen unter dem bezeichnenden Titel „Mémoires de physique et d'histoire naturelle, établis sur les bases de raisonnement indépendantes de toute théorie“ heraus. Gegen das Ende seines Lebens widmete er sich ganz der Zoologie und schuf auf diesem Gebiete seine besten Werke, die einzigen, welche für die Nachwelt Wert haben. Seine begeisterten Bewunderer pflegten gewöhnlich seine früheren Spekulationen totzuschweigen, aber ohne ihre Kenntnis ist es nicht möglich, sich ein richtiges Bild von Lamarcks wissenschaftlicher Entwicklung zu machen, um so mehr als er im wesentlichen sein ganzes Leben hindurch an den Ideen der Jugendzeit festhielt.

In seiner oben erwähnten Arbeit Mémoires de physique usw. versuchte Lamarck eine allgemeine Theorie des Daseins zu schaffen, eine Vereinigung von Physik, Chemie und Physiologie. Diese Theorie enthält eine fortlaufende Polemik gegen das, was er „pneumatische Chemie" nennt, d. h. Lavoisiers quantitative Methode. Für die Person des großen Chemikers hat er nur Worte des Lobes, wie er in der Polemik überhaupt sachlich und vornehm ist, aber über die Zusammensetzung der Dinge hat er ganz und gar eigene Ideen. Lavoisier hatte die Verbrennung als einen Oxydationsprozeß aufgefaßt, aber Lamarck findet diese Erklärung absurd, denn der Sauerstoff könne doch in keinem Fall zugleich Bestandteil der Luft und des Wassers sein, kein Chemiker habe ihn gesehen und niemand könne seine wirkliche Existenz nachweisen. Ebenso ungereimt sei auch die Theorie von der chemischen Verwandtschaft als Ursache der Vereinigung von Elementen, denn „sie widerspricht der Vernunft und ist daher unmöglich". Als Grundstoffe nimmt Lamarck die vier bekannten, Feuer, Luft, Wasser und Erde, an und fügt als fünften noch das Licht hinzu. Die reinste Erde sei der Bergkristall. Die chemischen Verbindungen würden nicht durch irgendeine Verwandtschaft zusammengehalten, sondern sie strebten im Gegenteil nach Zerfall in ihre einfachsten Bestandteile. Ausschließlich das Leben schaffe chemische Verbindungen auf der Erde, und alle Bergarten, Mineralien, Metalle seien zerfallene Reste lebender Wesen. Dabei stellt Lamarck eine in ihrer Art einzig dastehende Entwicklungsreihe auf, die mit Blut, Galle, Urin, Knochensubstanz und Schneckenschale beginnt und durch immer weiteren „Zerfall" auf dem Wege durch Muschelkalk, Marmor, Gips zu den Edelsteinen und Metallen und schließlich zum „einfachen" Bergkristall führt. Die Frage, was eigentlich das Leben sei, beschäftigt natürlich Lamarck in hohem Grade und wird von ihm mit großer Ausführlichkeit erörtert. Das Wesentliche des Lebens ist nach seiner Meinung die Bewegung. Ein lebendes Wesen sei aus verschiedenen Teilen zusammengesetzt, die aufeinander einwirkten und teils durch innere, teils durch äußere Ursachen in Bewegung erhalten würden und deshalb ununterbrochen infolge dieser Bewegung Veränderungen unterworfen wären. Das Leben sei Bewegung und nichts anderes, also ein rein mechanischer Vorgang. Die wesentlichen Bestandteile des lebenden Körpers seien teils feste, wie Fasern und Membranen, teils flüssige, wie Blut, Lymphe und andere besondere „Fluida", über die weiter unten berichtet wird. Unter den Lebensfunktionen sei die Sekretion ein Ausdruck des Strebens der chemischen Verbindungen im Körper, zu zerfallen, wie oben angeführt wurde. Die Ernährung wirke diesem Streben entgegen, indem sie dem Lebewesen neue Stoffe zuführe, und hierbei unterscheidet Lamarck zwischen der Fähigkeit der Pflanzen, aus einfachen Nährmitteln zu-

sammengesetzte Körper aufzubauen, und der Abhängigkeit der Tiere von eben diesen zusammengesetzten Produkten für ihre Ernährung. — Bei diesen und anderen Erscheinungen in der unbelebten und lebenden Natur ist nach Lamarck das Feuer ein wesentlicher Bestandteil, der die ganze Existenz durchdringt. Es ist ein „Fluidum". das in verschiedenen Modifikationen auftritt, als Wärmestoff, als elektrisches und magnetisches Fluidum und bei lebenden Wesen noch mehr spezialisiert. Es rufe Farbenwahrnehmungen und Töne hervor (Lamarck glaubt nicht, daß die Luft den Schall leite, da man einen fernen Kanonenschuß besser höre mit dem Ohr am Boden als in der Luft) und ferner chemische Veränderungen, auf deren mannigfache Arten wir hier nicht eingehen können. Die schweren Versündigungen, die sich Lamarck in dieser Arbeit gegen das physikalische und chemische Wissen seiner Zeit zuschulden kommen läßt, werden durch das oben angeführte genügend beleuchtet. Es wäre ferner fruchtlos, nach den Quellen zu forschen, aus denen er den Stoff zu diesen Phantasien geschöpft haben mag. Er betont ja selbst, daß sie „unabhängig von jeder Theorie" wären, und sie tragen in der Tat vom Anfang bis zum Ende das Gepräge reinen Dilettantismus. Lamarck blieb aber zum Glück nicht auf diesem Standpunkt stehen, denn obgleich er schon über 50 Jahre alt war, als er jene Mémoires veröffentlichte, vermochte er sich doch noch aus dieser entsetzlichen Gedankenverwirrung herauszuarbeiten und Werke zu schaffen, die seinen Namen bis in die späteste Nachwelt getragen haben. Das ist eine geistige Kraftprobe, die wenige ihresgleichen in der Geschichte der Wissenschaft aufzuweisen hat. Daß ihm diese gelang, beruhte indessen nicht darauf, daß er zu besserer Einsicht über Physik und Chemie gelangte[1]), sondern nur darauf, daß er sich später ganz und gar der Zoologie widmete. In ihr hatte er sich dank seines vieljährigen Wirkens als akademischer Lehrer und Museumsleiter eine vielseitige Formenkenntnis erworben, auf die er eine Spekulation bauen konnte, welche nicht nur originell, sondern auch nach Form und Inhalt wirklich wissenschaftlich war.

Das Ergebnis von Lamarcks theoretischen Spekulationen auf dem Gebiete der Biologie — das Wort Biologie hat er geschaffen — liegt in drei verschiedenen Werken vor: „Recherches sur l'organisation des corps vivants" vom Jahre 1802, „Philosophie zoologique" vom Jahre 1809 und in der Einleitung zu seiner großen Arbeit „Histoire naturelle des animaux sans vertèbres" (1815—1822). Das erste von diesen Werken gibt in kurzer und übersichtlicher Form die Theorie der Entwicklung des Lebens, die seinen Ruhm begründet hat. Sie ist jedoch in der Geschichte der Biologie

1) In seinen letzten Arbeiten erkennt er allerdings das Vorhandensein des Sauerstoffes an, vermutlich weil er sich von einem Chemiker hat überzeugen lassen, aber im allgemeinen bleibt er doch bei seiner alten Ansicht.

durch die Philosophie zoologique ganz in den Schatten gestellt worden, welche unter Lamarcks Arbeiten als klassisch gilt, mehrfach neu gedruckt und in viele Sprachen übersetzt worden ist. Sie ist aber eigentlich nur eine Erweiterung der vorhergehenden Arbeit mit unnützen Wiederholungen und versehen mit Zusätzen, die in vielen Fällen, aber nicht immer Verbesserungen sind. Im dritten oben angeführten Werk wird die Theorie nochmals zusammengefaßt und in der Weise wiederholt, wie sie dem Verfasser am Schluß seines Lebens erschien.

Seine oben angeführte Arbeit Recherches beginnt Lamarck mit einem Protest gegen das trockene Systematisieren, bei dem man sich mit dem Unterscheiden so vieler Arten als möglich begnügt, ohne sich die Mühe zu geben, einen umfassenden Überblick über den Zusammenhang der Lebensformen in der Natur zu gewinnen. Er will anstatt dessen ausgehen von einer Betrachtung des Lebens in seiner Gesamtheit und findet dabei entsprechend seiner oben angeführten Auffassung, daß die wesentlichste Eigenschaft des Lebens Bewegung sei. Alles Geschehen im Leben sei Bewegung, und durch sie strebe der Organismus dahin, Organe zu entwickeln und auszubilden. Bewegung sei auch die Nahrungsaufnahme, durch die das Individuum in den Tagen seiner Kraft die Verluste ersetze, welche die Exkretion verursache, während zu einer späteren Zeit die Exkretion über die Stoffzufuhr siege, woraufhin der Tod erfolge. Durch Bewegung schreite die Entwicklung eines jeden lebenden Wesens in der Weise fort, daß Körpersäfte sich durch die sie umgebenden festen Teile Wege bahnen und in diesen dadurch Organe entstehen, welche verschiedene Funktionen annehmen, und gleichzeitig Kanäle, die ihnen Nahrung zuführen[1]). Auf diese Weise entwickele sich nicht nur das Individuum, sondern auch Schritt für Schritt alle lebenden Wesen verschiedener Typen, indem die Eigenschaften, die sich bei den einzelnen Lebensformen ausgebildet hätten, durch die Fortpflanzung auf die Nachkommen übergeführt würden. Aus diesem Grunde könne man alle lebenden Wesen in einer Reihe ordnen von den niedersten bis hinauf zu den höchsten. Noch lehrreicher aber wäre es, den Bau der Tiere in umgekehrter Richtung zu studieren, indem man von den höchsten Formen ausgeht und zusieht, wie die „Dégradation" in der Reihe vor sich geht, ein Organ nach dem anderen verändert, vereinfacht wird und zuletzt ganz verschwindet. Die Säugetiere sind natürlicherweise die höchsten, die einzigen, welche lebende Jungen gebären, Milch absondern, freie Lungen und ein vollständiges Diaphragma haben. Die Vögel stehen niedriger als die Säugetiere, denn sie legen Eier, ihre Lungen sind angewachsen und ihnen fehlt ein Zwerch-

1) Diese Theorie erinnert an eine ähnliche von Caspar Friedrich Wolff, doch ist es ungewiß, ob Lamarck dessen Arbeiten gekannt hat, zumal er seiner nie erwähnt.

fell. Niedriger als diese beiden warmblütigen Tiergruppen stehen die Reptilien, weil ihr Blut kalt, Herz und Lungen unvollkommen ausgebildet sind und letztere bei gewissen Formen in frühen Stadien durch Kiemen ersetzt werden — die Frösche wurden ja damals bekanntlich zu den Kriechtieren gerechnet —, weil ferner bei diesen Tieren nacheinander die beiden Extremitätenpaare verschwinden, weswegen auch die extremitätenlosen Schlangen die niedersten unter den Kriechtieren sind. Nach oben wird der Übergang von den Kriechtieren zu den Vögeln durch die Schildkröten vermittelt, und dieselbe Rolle wurde dem damals neu entdeckten Schnabeltiere hinsichtlich des Überganges zwischen den Vögeln und den Säugetieren zuerteilt. Die Fische stehen niedriger als die Kriechtiere, weil sie Lungen und Extremitäten ganz verloren haben, denn ihre Flossen werden nicht als Gliedmaßen angesehen. Von den Fischen abwärts verschwinden das Rückgrat und das innere Skelett aus dem Tierreiche. Von den Wirbellosen stehen die Mollusken am höchsten, weil sie Kiemen wie die Fische und Hirn, Nerven und ein einkammeriges Herz haben. Ihnen zunächst folgen die Anneliden, welche nach Cuviers Beispiel von den Würmern abgetrennt werden und von Lamarck ihren Namen erhalten. Sie atmen ebenfalls durch Kiemen, die bisweilen sichtbar, bisweilen aber in der Haut verborgen sind, haben außerdem eine Nervenkette und ein Gefäßsystem mit rotem Blut und einigen Erweiterungen, die dem Herzen entsprechen. Darauf folgen die Crustaceen, die zwar auch Kiemen und Herz haben, mit denen aber diese Organe aus dem Tierreiche verschwinden. Nun folgen die Spinnen, die, weil sie ein konzentriertes Atmungssystem haben und in fertiger Gestalt aus dem Ei kriechen, höher stehen als die Insekten mit ihren verteilten Tracheen und ihrer Metamorphose. Mit diesen Tieren läßt Lamarck die geschlechtliche Fortpflanzung aus dem Tierreiche verschwinden. Die Würmer, welche nun die Reihe fortsetzen, sollen sich nämlich nur durch Knospung fortpflanzen, können im übrigen aber Nervensystem und Tracheen besitzen. Mit ihnen verschwinden jedoch Sehorgane und Nervensystem aus dem Tierreiche. Die nächste Klasse sind die Strahltiere, eine zweite systematische Neuschöpfung von Lamarck, welche keine Sinnesorgane, aber wohl Fortpflanzungsorgane, wenn auch geschlechtslose, besitzen und sich dadurch von den Polypen unterscheiden, denen alle Organe fehlen.

Indem nun Lamarck in dieser Weise die Tiere auf Grund des Fehlens oder Vorhandenseins gewisser Hauptorgane in eine Reihe ordnet, hebt er hervor, daß diese Reihenfolge sich nicht auf die einzelnen Tierindividuen als solche beziehe, sondern auf die großen Massen, die eine ganze Klasse bilden. Innerhalb einer Klasse könnten auf Grund von Verschiedenheiten weniger wichtiger Organe Verzweigungen nach verschiedenen Seiten erfolgen, aber die oben angeführte und mit Rücksicht

auf den Bau der wichtigsten Organe erfolgte Anordnung der Tierklassen sei so fest begründet, „daß kein aufgeklärter Naturforscher eine andere aufstellen könnte“. Sie zeige, wie die Organe sich immer mehr spezialisieren, je höher man hinauf die Reihe verfolge, während abwärts die Organe einfacher und ihre Funktionen umfassender würden. Auf diese zunehmende Spezialisierung der Organe gründet nun Lamarck seine Theorie über die Entstehung der verschiedenen Lebensformen, eine Theorie, die er von Anfang an folgendermaßen formuliert: „Nicht die Organe sind es, d. h. die Form und Beschaffenheit der Körperteile des Tieres, welche seine Gewohnheiten und besonderen Eigentümlichkeiten veranlassen, sondern im Gegenteil sind es seine Gewohnheiten, seine Lebensweise und die Verhältnisse, unter denen seine Vorfahren lebten, die im Laufe der Zeiten seine Körperform, seine Organe und seine Eigenschaften gebildet haben“. Diesen Grundgedanken sucht er durch eine Menge Beispiele zu beweisen. Die Maulwürfe und Blindmäuse hätten ihr Sehvermögen durch das unterirdische Leben während vieler Generationen verloren, die Ameisenfresser ihre Zähne dadurch, daß sie ihre Nahrung ungekaut verschlingen. Die Watvögel hätten lange Beine und langen Hals durch das Recken dieser Körperteile beim Suchen nach Nahrung an den Ufern erworben, die Schwimmvögel ihre Schwimmhäute durch das Spreizen der Zehen bei ihren Bewegungen im Wasser. Im Anschluß hieran versichert er, man könne im Laufe einiger Generationen eine einäugige Menschenrasse hervorbringen, wollte man eine Anzahl Menschen auf einem Auge blenden und die so operierten Individuen sich untereinander fortpflanzen lassen. Aber nicht nur solche gelegentliche einzelne Einwirkungen wandelten die Lebensformen um, sondern auch die geographischen Verhältnisse im Großen, wie Klima, Feuchtigkeit, Reichtum oder Mangel an Nahrung, haben auf die Tiere im allgemeinen im Laufe der Zeiten umformend gewirkt und neue Organe hervorgerufen oder alte zum Verschwinden gebracht. Solche Umformungen erforderten unendlich lange Zeiträume zu ihrer Entwicklung, wie Lamarck ausdrücklich sagt: „Die Zeit hat keine Grenzen.“ Und das Leben würde zu einem durch und durch mechanischen Prozeß, dessen Äußerungen nichts anderes als Bewegung wären. Gewiß hätte das Dasein einen höchsten Urheber, dessen Namen Lamarck stets die höchste Ehrfurcht bezeugt, dessen Größe sich aber gerade darin zeigte, daß er die Natur so geschaffen, daß ihre reiche Mannigfaltigkeit sich ohne äußere Eingriffe entfalten konnte. Aber diese Entwicklung auf einmal gegebener Grundlage vermag Lamarck nicht im Auge zu behalten, denn er läßt die „Natur“ unaufhörlich als schaffende Macht auftreten und redet von ihr, als ob sie eine Persönlichkeit wäre. Letzteres ist besonders der Fall in seiner Philosophie zoologique, aus der im folgenden einige Beispiele hierfür angeführt werden sollen.

Weiterhin in den Recherches entwickelt Lamarck näher seine mechanische Theorie vom Leben, die für ihn eigentlich die Hauptsache ist, und in der seine Entwicklungstheorie bloß einen Teil unter vielen bildet. Das Leben selbst ist nach seiner Meinung derjenige Zustand aller Teile des Körpers, der seine organischen Bewegungen ermöglicht. Dieser Zustand ist bedingt durch das Vorhandensein des „Orgasme vital", eines Spannungszustandes oder Tonus, der die Moleküle der Weichteile des Körpers in einer bestimmten Lage erhält und durch Vermehrung und Verminderung die Zusammenziehung und Ausdehnung der Organe bewirkt. Als Ursache dieser Spannung wird ein Fluidum betrachtet, das vom Blute abgesondert und von allen Organen des Körpers aufgenommen wird, besonders aber sich im Nervensystem ansammelt. Dieses Fluidum ist eigentlich eine besondere Abart des Feuers, nahe verwandt mit dem Wärmestoff und der Elektrizität, ein „Feu éthéré". Es wird bei der Befruchtung aus den männlichen Geschlechtsprodukten dem Embryo zugeführt und gibt ihm das Leben, unmittelbar bei den Säugetieren, aber erst später bei dem Vogelei, das erst Leben durch die Bebrütung erhält. Aber dieses selbe Fluidum findet sich überall in der Natur, und deshalb findet auch überall, besonders in den warmen Ländern, freie Urzeugung statt. Lamarck versichert, daß diese Urzeugung unter dem Einfluß von Wärme, Licht und Elektrizität ununterbrochen vor sich gehe, indem die niedersten Tier- und auch Pflanzenformen ständig aus lebloser Materie neugebildet würden. Er hält es für wahrscheinlich, daß die Süßwasserpolypen in jedem Winter totfrieren und in jedem Frühjahr durch Urzeugung aufs neue entstehen. Die allereinfachsten Lebewesen bestehen nach seiner Darstellung aus einem Klümpchen gallertartigen Stoffes, der durch Poren an seiner Oberfläche Nahrung aufnimmt. Aus solchen entwickelt die Natur allmählich Organe zur Aufnahme der Nahrung, indem zuerst durch die Bewegungen des Tieres eine kleine Vertiefung entsteht, in der sich die Nahrung besonders leicht sammelt und die durch den Druck der Nahrung sich als ein Säckchen einstülpt, welches sich aus demselben Grunde fernerhin erweitert. Auf diese Weise sei der Verdauungskanal des Polypen entstanden. Die nächstwichtige Lebenseigenschaft, die die Natur ausbildet, ist die Fortpflanzung. Sie ist eigentlich ein Wachstum über das normale Maß hinaus, das zu einer Teilung führen muß, und eine solche findet ja auch in der Tat bei den niedersten Tieren, den Infusorien, regelmäßig statt, welche nie vor Alter sterben, sondern sich in zwei teilen, wenn sie eine gewisse Größe erreicht haben. Teilung in ungleiche Teilstücke führt zur Knospung, welche die für die Polypen charakteristische Art der Vermehrung ist. Durch wiederholte Knospung wird ein besonderer Teil des Körpers für diesen Zweck angepaßt, und es entsteht die innere Knospung, durch die sich die Strahl-

tiere vermehren. Durch weitere Entwicklung in dieser Richtung entstehen die Eier, welche vollkommene Knospen sind und zu ihrer weiteren Entwicklung der Befruchtung durch das männliche Geschlechtsprodukt bedürfen.

Hier bricht Lamarck seine Darstellung der Entstehung der wichtigsten Organe ab und geht direkt über zur Betrachtung der Entwicklung des Menschen. Gleichwie Camper betont er die Verschiedenheiten im anatomischen Bau des Menschen und der höheren Affen, aber hebt in Übereinstimmung mit seiner eigenen Ansicht, daß alle Eigenschaften sich durch Übung entwickeln, hervor, daß die körperliche und geistige Sonderstellung des Menschen dadurch erlangt wäre, daß er im Laufe der Zeiten seine Fähigkeiten durch Übung zu immer größerer Vollendung entwickelt hätte, und daß andererseits auch die höheren Affen durch Übung höhere Intelligenz und gute Charaktereigenschaften erlangen könnten. Immerhin besteht aber ein großer Unterschied zwischen Lamarcks Auffassung der menschlichen Entwicklung und der naiven Begeisterung von La Mettrie und seinen Zeitgenossen für die intellektuelle Ähnlichkeit zwischen Menschen und hochstehenden Tieren. Lamarck betont, daß es zu allen Zeiten bloß einer geringen Anzahl Menschen vorbehalten gewesen sei, sich auf die Höhe wirklicher Intelligenz zu erheben, während die Mehrzahl in tierischer Unwissenheit verharrte. Man betete Tiere an und beging die wildesten Torheiten, und wenn ein Volk auch die höchste Kulturstufe erreichte, so beruhte das nur auf der Tätigkeit weniger, reich begabter Personen, während die große Menge ihrer Landsleute den wahnsinnigsten Verirrungen huldigte. Lamarck dachte hierbei ohne Zweifel an die Schreckensherrschaft der Revolution, die er in der Nähe gesehen hatte. Wahrscheinlich waren es diese Erinnerungen aus einer Zeit menschlicher Erniedrigung, die ihm die Lust benahmen, sich tiefer in die Eigenschaften der Urmenschen und Menschenaffen zu vertiefen. Vielleicht aber schreckte ihn auch die Zensur der napoleonischen Herrschaft.

Nach einer kurzen Erörterung des Artbegriffes im Pflanzen- und Tierreich im Gegensatz zum Mineralreich, in der er hervorhebt, daß die Mineralien zum Unterschied von den Pflanzen und Tieren keine Individualität haben, und nochmals den Einfluß äußerer Lebensverhältnisse auf die Artentwicklung betont unter Anführung solcher Beispiele, wie der Tiefen- und Uferform von Ranunculus aquaticus, geht Lamarck über zur Darlegung seiner Ansichten über das Nervensystem und seine Funktionen. Da er jedoch in seinen folgenden Werken dasselbe Thema gründlich behandelt, kann der Bericht über seine Ansichten über diese Fragen einstweilen aufgeschoben und das Referat über die Recherches hiermit abgeschlossen werden, dieses Werkes, das schärfer als andere die Genialität und die Schranken seines Verfassers sehen läßt.

In seiner Philosophie zoologique behandelt Lamarck aufs neue seine Theorie von der Entwicklung des Lebens in der Natur. In der Einleitung zu diesem Werke untersucht er, was in der Naturwissenschaft menschliche Erfindung und was wirklich Naturgesetz ist, und stellt fest, wie schon Buffon getan, daß alle systematischen Einteilungen willkürliche Gedankenprodukte des Menschen seien. In der Natur gäbe es nur Individuen, die freilich im Hinblick auf gewisse Eigenschaften zu Gruppen vereinigt werden könnten, deren Grenzen jedoch immer nur willkürlich sein würden. Hinsichtlich des Entwicklungsproblems geht er nach demselben Plan vor wie in den Recherches. Zuerst schildert er die „Dégradation" durch das ganze Tierreich, und berichtet sodann über seine Theorie, wie sich die Organe und mit ihnen die Tierformen selbst durch Gewöhnung und Lebensweise entwickelt hätten. Er betont aufs neue die Bedeutung der wesentlichen Organe für die Entwicklung im Gegensatz zu den unwesentlichen, indem er die oben angeführten alten Beispiele von Organentwicklungen wiederholt und einige neue hinzufügt, die bisweilen recht barock sind, wie z. B. seine Annahme, die Wiederkäuer hätten ihre Hörner infolge des Blutandranges zum Kopf während der Brunstzeit erhalten. Mit Hinsicht auf die allgemeinen Bedingungen für die Entwicklung des Lebens nimmt er eine kontinuierliche Entwicklung der Erde ohne jene Katastrophen an, die nach Buffon und Cuvier stattgefunden haben, und meint, es wären keine Tierarten ausgestorben außer denen, die der Mensch ausgerottet hat. Die fossilen Arten, die heute nicht mehr vorkommen, hätten sich eben in die jetzt lebenden Formen umgewandelt. Schärfer noch als früher und mit besonderer Spitze gegen Cuvier sucht er zu beweisen, daß sämtliche Tierklassen voneinander abstammten und deshalb in einer Reihe und nicht parallel oder „netzförmig" geordnet werden müßten. Die Gattungen dagegen könnten allerdings innerhalb der Klassen als von gemeinsamen Urformen ausgehende Zweige aufgefaßt werden. In einem Zusatz zu diesem Werke wird diese Verzweigungstheorie auch auf die Klassen der Wirbeltiere ausgedehnt, indem die Vögel von den Schildkröten und die Säugetiere von den Krokodilen abgeleitet werden.

Darauf folgt eine Übersicht über das Tiersystem, die als einer der Glanzpunkte in Lamarcks ganzer Schöpfung gelten muß. Er stellt nämlich hier ein System der wirbellosen Tiere auf, das bis auf einige Änderungen noch heutigen Tages besteht. Er unterscheidet die Infusorien von den Polypen und die Rankenfüßler von den Mollusken und bildet demnach zehn Klassen wirbelloser Tiere: Infusorien, Polypen, Strahltiere, Würmer, Insekten, Spinnen, Krebstiere, Ringelwürmer, Rankenfüßler und Mollusken. Von diesen Klassen sind jetzt die Strahltiere in zwei Klassen, Coelenteraten und Echinodermen, geteilt, die Polypen aber

mit den Coelenteraten und die Rankenfüßler (Cirripedia) mit den Krebstieren vereinigt worden. Auch sonst sind noch in der letzten Zeit einige Aufteilungen vorgenommen worden, aber in jedem Fall hat hier Lamarck ein System geschaffen, das verglichen mit Linnés Einteilung der Wirbellosen einen großen Fortschritt bedeutet. Lamarck war indessen nicht nur Naturphilosoph, sondern auch Formenkenner und konnte als solcher nicht umhin, den Wert der von Linné ausgeführten Vorarbeiten anzuerkennen, auch wenn er dessen unwandelbaren Artbegriff nicht billigte. Er schildert die Schwierigkeiten, welche dem Systematiker durch die Verwirrung in der Nomenklatur erstehen und schlägt als Aushilfe eine internationale Übereinkunft in Nomenklaturfragen vor, die ja erst in unseren Tagen zustande gekommen ist.

Nach einer Übersicht über das System der Wirbeltiere, das er von einem anderen Zoologen, Duméril, entlehnt und das sich daher nicht an Interesse mit dem System der Wirbellosen messen kann, kommt Lamarck nochmals auf die Frage von der Abstammung des Menschen zurück und hebt hervor, daß der Schwerpunkt eines stehenden Menschen weit vor dem Rückgrat gelegen sei, so daß zur Aufrechterhaltung des Körpers Muskelarbeit nötig wäre, was auf die Herstammung von vierfüßigen Wesen hindeute. Er macht einen Entwurf zu einer Theorie über die Abstammung des Menschen von den Menschenaffen, fügt aber hinzu, es könnte sich so verhalten, wenn nicht der Mensch anderer Herkunft wäre als die Tiere. Offenbar hat er nicht den Schluß aus seiner Theorie zu ziehen gewagt und hinter einem Vorbehalt Schutz gesucht, wie es seinerzeit Descartes mit seiner Schöpfungstheorie machte. Vermutlich fürchtete Lamarck, Napoleon werde sich durch einen auf den Orang-Utan zurückreichenden Stammbaum wenig geschmeichelt fühlen.

Mehr als die Hälfte des Werkes Philosophie zoologique wird von rein theoretischen Spekulationen über das Leben und seine Äußerungen eingenommen, und auf diesem Gebiete zeigt Lamarck ebensosehr seine schwache Seite wie bei der Behandlung physikalischer und chemischer Fragen. Obgleich er im vorhergehenden unaufhörlich die Natur als schaffende Macht hat auftreten lassen, definiert er sie in der Einleitung zum spekulativen Teil seines Werkes wie folgt: „Die Natur, ein Wort, das oft gebraucht wird, als gälte es ein besonderes Wesen, soll in unseren Augen nichts anderes sein als die Zusammenfassung der Dinge, welche umfassen: 1. alle physischen Körper, die es gibt, 2. die allgemeinen und besonderen Gesetze, welche die Veränderungen in Zustand und Lage dieser Körper beherrschen, und 3. die Bewegung, die ungleichförmig unter ihnen verbreitet ist, ewig unterhalten und erneuert, unendlich wechselnd in den Produkten, die sie hervorbringt ....“ Aber diese Anschauung vermag er selbst so wenig festzuhalten, daß er wenige Seiten später sagt: „Jede

Maßnahme der Natur, wenn sie ihre unmittelbaren Geschöpfe formt, besteht darin, daß sie die kleinen Mengen von Leim- und Schleimstoff, die ihr unter günstigen Bedingungen zu Gebote stehen, zu Zellgewebe organisiert"[1]). Ein persönlicher Gott hätte nicht persönlicher handeln können. Und Lamarcks Glaube an die schaffende Natur ist ebenso dogmatisch, wie es der Glaube an Gott für Linné war. Er entwickelt aufs neue seinen alten Lehrsatz, daß das Leben nichts anderes als Bewegung sei, daß die Bewegung von jenem wunderbaren, allgegenwärtigen ätherischen Feuer hervorgebracht werde, daß bei Lamarck dieselbe Rolle spielt, wie bei Stahl die Seele. Man kann auf jedes der beiden Bonnets Worte anwenden, daß es alles ausrichtet, was man will, und daß sein Nichtsein nie bewiesen werden kann. Von seinem Standpunkt aus stellt Lamarck eine höchst eigentümliche psychologische Theorie auf. Das Seelenleben ist für ihn ein rein mechanischer Prozeß, dessen Natur von den Organen, die das betreffende Tier besitzt, abhängt. Tiere ohne Muskeln und Nerven haben überhaupt keine Sinneseindrücke, sie sind „apathisch", sie bewegen sich nur durch äußere Einflüsse, indem das ätherische Feuer in sie dringt und sie stimuliert. Tiere mit einem Nervensystem empfangen zwar Gefühlseindrücke, aber reagieren auf sie rein schematisch und können die Eindrücke nicht zu einer Richtschnur für ihre Handlungen kombinieren. Tiere, die ein Gehirn haben, können die empfangenen Sinneseindrücke bewahren und zu Ideen verbinden, die ihre Handlungen leiten. Wie Lamarck alle Äußerungen des menschlichen Seelenlebens, Sinneseindrücke, Ideen und Moralbegriffe, mit Hilfe des überall gegenwärtigen und für alles verwendbaren ätherisch-elektrischen Fluidums erklärt, hat an und für sich weniger Interesse; er schließt sich darin den Denkern des 18. Jahrhunderts an, Locke, Condillac und besonders dem Arzte Cabanis (1757—1808), welche alle lehrten, daß Ideen ausschließlich auf Sinneseindrücken beruhten. Cabanis, der ausgesprochenste Materialist von ihnen allen, hatte doch weit mehr Schulung und war daher als Denker vorsichtiger als Lamarck, der blind an sein Fluidum glaubte und damit alles, was man wollte, erklärte, wogegen seine Vorgänger sich damit begnügt hatten, bestimmte Erscheinungen im Seelenleben zu analysieren.

Noch ein paar wichtige Arbeiten konnte Lamarck in seinem Alter beendigen, die oben erwähnte systematische Übersicht über die wirbellosen Tiere und ein Werk über fossile Mollusken, das sich würdig Cuviers gleichzeitigen Arbeiten über ausgestorbene Wirbeltiere anschließt. Uns aber erübrigt noch die Bedingungen zu erörtern, unter denen diese reiche Produktion zustande kam, und die Wirkung, die sie ausübte.

---

1) Philosophie zoologique, éd. 2. Paris 1873, p. 349—362.

Der Forscher, dessen Einfluß auf Lamarck, wie auf andere französische Biologen jener Zeit, am größten war, war Buffon. Man erkennt diesen Einfluß in Lamarcks scharfem Hervorheben, daß es in Wirklichkeit nur Individuen gäbe, während die Kategorien des Systems nur Gedankenprodukte seien, wie auch in der Auffassung des Lebens im allgemeinen als eines großen Entwicklungsprozesses von rein physischem Charakter[1]), und ferner im Gedanken, daß die Entwicklung eine Folge von Lebensgewohnheiten und äußeren Bedingungen wäre, der sich auch schon bei Buffon findet, welcher als Beweise das nackte Gesicht der Saatkrähe und die Fußschwielen des Kamels anführt. Vergleicht man diese beiden Forscher, so erscheint Buffon zweifellos als Denker überlegen, denn er hat einen offenen Blick für den Unterschied zwischen Hypothese und Tatsache, wie auch für die Grenzen der Naturwissenschaft, d. h. Dinge, die Lamarck ganz übersieht. Dagegen steht Lamarck als Formenkenner höher und hat einen schärferen Blick für systematische Dinge, was sicher nicht nur darauf beruhte, daß er mehr Formen kannte als sein Vorgänger.

Aber auch von Bonnet hat Lamarck verschiedenes gelernt, wie er selbst ausdrücklich zugibt. Die Anordnung des Tierreiches in einer Reihe stammt aus dieser Quelle zugleich mit dem französischem Ausdruck für dieselbe, échelle, d. h. Treppe. Die Betrachtung über die „Dégénération" der Tiere durch das Fehlen gewisser Organe erinnert wiederum an Vicq d'Azyr. Und schließlich hat Cuvier, gegen den er so oft polemisiert, zweifellos durch seine Schriften aus der Jugendzeit einen großen Einfluß auf Lamarck ausgeübt. Wir sahen schon, wie Lamarck aus ihnen wichtige Anregungen bezüglich der Systematik schöpfte, aber auch in entwicklungsgeschichtlichen Fragen ist er fraglos von seinem jüngeren Konkurrenten beeinflußt worden, was wir später bei Besprechung des letzteren sehen werden. Wenn auch demnach fremde Einflüsse in Lamarcks Spekulationen nachweisbar sind, so gebührt ihm doch das unvergängliche Verdienst, daß er die Abstammungsidee so gründlich ausgearbeitet und durchgeführt hat. In dieser Hinsicht ist er in der Tat für die Biologie unserer Zeit ein Bahnbrecher gewesen. Freilich hat seine Theorie der Vererbung erworbener Eigenschaften vor der exakten Ver-

1) Unter Lamarcks Vorgängern pflegt Benoît de Maillet (1656—1738) genannt zu werden, der eine lange Zeit französischer Konsul in Ägypten war und ein unter dem Namen Telliamed (ein Anagramm des Familiennamens) erschienenes naturphilosophisches Werk verfaßt hat, in dem auf höchst phantastische Weise geschildert wird, wie ehemals die ganze Erde vom Meere bedeckt war und die Vorfahren unserer heutigen Landtiere Wassertiere waren, die sich allmählich an das Leben auf dem Lande gewöhnten. Es ist übrigens schwer zu entscheiden, was für einen Einfluß dieses Werk, das, von Voltaire verhöhnt, bald der Vergessenheit verfiel, auf Lamarck gehabt haben kann.

erbungsforschung unserer Zeit nicht standhalten können, und auch die Durchführung der Idee läßt manches zu wünschen übrig, z. B. hätte man erwarten können, daß er, da er so bestimmt zwischen wesentlichen und unwesentlichen Organen und Eigenschaften unterscheidet, eher die Entwicklung der wesentlichen Organe, des Herzens, der Lungen, des Rückgrates, nach seiner Methode hätte ableiten sollen, anstatt bei solchen Einzelheiten, wie den Beinen und Füßen der Wat- und Schwimmvögel zu verweilen. Aber die Idee selbst ist erfaßt und durchgeführt, nicht bloß mit großartiger Folgerichtigkeit, sondern auch mit einem Blick für Einzelheiten im Verhalten der lebenden Formen zueinander, der alles Vorhergehende weit hinter sich läßt. Unter den einzelnen genialen Ideen, die man gesondert herausheben kann, sei hier als Beispiel die Theorie von der Entstehung des Verdauungskanales durch Einstülpung genannt, die Haeckel, dem Schöpfer der Gasträatheorie und begeisterten Bewunderer Lamarcks, mit großer Wahrscheinlichkeit zu jener für die Embryologie unserer Zeit so fruchtbaren Hypothese verholfen hat. Daß Lamarcks psychologische Spekulation oberflächlich war, wurde bereits hervorgehoben, aber darin stimmt er mit vielen Vorgängern und Zeitgenossen überein. Er ist eben in dieser Hinsicht ein Kind der Aufklärungszeit. Der einst im Anbeginn schaffende und hernach untätige höchste Urheber und ebenso die allmächtige Natur sind Begriffe, die seit Voltaires Zeiten oft bei den Gelehrten jener Periode wiederkehren, und auch die mechanische Seelentheorie wird unaufhörlich in besserer und schlechterer Aufmachung von damaligen Schriftstellern wiederholt. Auf dem Gebiete der reinen Systematik ist Lamarck dagegen, wie schon hervorgehoben wurde, einer der hervorragendsten Forscher aller Zeiten und hat wahrscheinlich hier gerade seinen unvergänglichsten Beitrag zur Geschichte der Biologie geliefert, wenn auch nicht seinen allerglänzendsten.

Daß Lamarcks Ansehen bei seinen Zeitgenossen hauptsächlich auf seiner Tätigkeit als Systematiker beruhte, wurde schon hervorgehoben. Daß er als Naturphilosoph keine größere Anerkennung fand, beruhte im wesentlichen darauf, daß seine aus dem vorhergehenden Jahrhundert stammende materialistische Auffassung der Natur schon bei seinem ersten Auftreten veraltet war. Die beiden Forscher, die damals ganz und gar die Entwicklung der Biologie beherrschten und nun im folgenden besprochen werden sollen, Cuvier und Bichat, hielten sich an eine ganz andere Theorie über die innerste Natur des Lebens, als Lamarck, dessen Spekulation an sich weder Kraft noch Konsequenz besaß, um den Kampf mit modernen Gedankenrichtungen aufnehmen zu können. Die Naturphilosophie seiner Zeit schenkte ihm in dieser Hinsicht ebenfalls keine Beachtung, weil auch von ihrem Standpunkt aus seine Gedanken veraltet und dabei zu wenig formvollendet waren. Bei Schelling und seiner

Schule mußten sie schon aus dem Grunde Abscheu erregen, weil sie zu dem verhaßten Materialismus des 18. Jahrhunderts Beziehung hatten, und auch Goethe schätzte sie wohl aus demselben Grunde nicht. Als aber die Zeit kam, wo die mechanische Auffassung des Lebens wieder zu Ehren gelangte, da erlebte auch Lamarcks Philosophie zoologique eine glänzende Wiedergeburt. Der Bericht hierüber gehört jedoch in ein folgendes Kapitel, und hier mag bloß angedeutet werden, daß Lamarcks größter Bewunderer in unserer Zeit, Haeckel, nicht nur seine Entwicklungslehre annahm, sondern auch recht viel Gutes und Schlechtes aus seiner materialistischen Psychologie, die auf diesem Wege auch in unseren Tagen zu Einfluß gelangte.

Während also Lamarcks Ideen die Zukunft für sich hatten, wurde die biologische Forschung seiner Zeit beherrscht von einem Mann mit ganz anderer Auffassung von der Natur, einem Mann, der in hervorragendem Maße die Probleme in Angriff nahm, die in erster Linie der Lösung harrten, und der diese Probleme auch in einer Weise zu behandeln verstand, daß der Wissenschaft dauernder Gewinn zugeführt wurde. Dieser Forscher war Cuvier, einer von den hervorragendsten, welche den Grund zur Biologie im modernen Sinne legten.

Kapitel XXX.

Cuvier.

Georges Léopold Chrétien Frédéric Dagobert Cuvier wurde im Jahre 1769 in Mömpelgardt (Montbéliard), einer kleinen französischen Stadt, nicht weit von Basel, die damals zum Herzogtum Württemberg gehörte, geboren. Er gehörte zu einer französischen Hugenottenfamilie, die seinerzeit wegen der religiösen Verfolgungen Frankreich verlassen hatte. Sein Vater war jedoch französischer Offizier gewesen, aber im Alter nach Mömpelgardt zurückgekehrt, wo er von einer kleinen Pension lebte, die ihm der französische Staat zahlte. Der junge Georges zeigte früh eine glänzende Begabung. Schon im Gymnasium seiner Vaterstadt, zu dessen besten Schülern er gehörte, lernte er Buffons Schriften kennen und studierte sie fleißig. Infolge der Mittellosigkeit der Familie wäre seine weitere Ausbildung kaum möglich gewesen, wenn nicht ein günstiger Zufall ihm einen Freiplatz in der Karlsschule zu Stuttgart verschafft hätte. Diese zu ihrer Zeit berühmte Lehranstalt war ursprünglich eine Militärakademie gewesen, war aber vom damaligen Herzog Karl erweitert worden zu einer Anstalt, in der junge Leute auch zu Zivilbeamten ausgebildet wurden. Die Schule war berühmt wegen ihrer guten Lehrkräfte und zugleich gefürchtet wegen der strengen Militärdisziplin, die unter

des despotischen Herzogs persönlicher Aufsicht gehandhabt wurde. Cuvier, der nicht nur Begabung, sondern auch Ordnungssinn besaß, fühlte sich jedoch dort wohl, und obgleich er anfangs die deutsche Sprache nicht beherrschte, wurde er doch bald einer von den besten Schülern in der Abteilung für Kameralwissenschaften, in die er eingetreten war, weil hier am meisten Naturwissenschaft gelehrt wurde wegen der angehenden Landwirtschafts- und Forstbeamten. Lehrer der Biologie war hier Karl Friedrich Kielmeyer (1765—1844), einer von Deutschlands eigentümlichsten Biologen und später Professor in Tübingen, ein Mann, der nie seine Vorlesungen drucken ließ, welche als vorzüglich bekannt und fleißig abgeschrieben und gelesen wurden. Er scheint ein spekulativer Naturforscher und von Herders Ideen bezüglich eines gemeinsamen Urtypus für alle Lebewesen und ihre besonderen Organe beeinflußt gewesen zu sein, weshalb er auch eifrig für das Studium der vergleichenden Anatomie eintrat. Cuvier machte bei ihm eine gründliche Schulung durch und erhielt viele wertvolle Anregungen, deren er sich während seines ganzen Lebens dankbar erinnerte. Mit 18 Jahren bestand er sein Schlußexamen und kehrte heim in seine Vaterstadt, wo er aber keine besoldete Beamtenstelle erhielt und aus Mangel an Mitteln gezwungen war, eine Hauslehrerstelle in einer protestantischen Familie in der Normandie anzunehmen. Dort an der Küste des Kanales sah er eine ganz neue Tierwelt, die er sofort zu studieren begann. In seiner freien Zeit sezierte er alle Arten von Fischen, deren er habhaft werden konnte und verglich ihren Bau; noch eifriger vertiefte er sich in das Studium der zahllosen niederen Tierformen, welche die Ebbe am Strande zurückließ: Mollusken, Würmer und Seesterne. In Linnés Systema naturae, dem Bestimmungsbuch jener Zeit, waren diese wenig eingehend behandelt, aber da Aristoteles seinerzeit mehr Interesse für Meerestiere gehabt hatte, fand Cuvier in seinen Schriften nicht nur Beschreibungen ihrer Lebensweise, sondern auch Anregung zu vergleichenden Studien über ihren verschiedenen Bau. Alles, was er studierte, zeichnete er ab, denn er hatte sich zu einem geschickten Zeichner ausgebildet. Einige von diesen Zeichnungen wurden durch Vermittlung eines Bekannten Geoffroy Saint-Hilaire zugeschickt, und sie entschieden über Cuviers Zukunft. Er wurde nach Paris berufen und bald zum Professor der vergleichenden Anatomie ernannt, obgleich er nie eine Menschenleiche seziert hatte. Wir sehen hier also ein Gegenstück zu Geoffroys und Lamarcks Ernennungen im Jahre zuvor. Damit war sein Glück gemacht, denn nun folgten Schlag auf Schlag Beförderungen und andere Auszeichnungen, mehr als uns der Raum aufzuzählen gestattet. Besonders bei Napoleon stand Cuvier in hoher Gunst. Im selben Jahre wie der Kaiser geboren und zur selben Zeit an die Öffentlichkeit getreten, besaß er etwas von dessen organisatorischem

Genie. Seine Arbeitskraft war unerschöpflich und er konnte viele Ämter gleichzeitig verwalten, ohne das Geringste zu versäumen. Er war reich an Ideen in Fragen der Organisation und besaß auch gute theoretische Kenntnisse in der Staatslehre, die er seiner Studienzeit in Stuttgart verdankte. Er wurde daher zum „Inspecteur général" des Unterrichtswesens ernannt und versah diesen Dienst neben seiner Professur und Wissenschaft so, daß Frankreichs Schulwesen unter seiner Leitung reformiert und eine Anzahl neuer Universitäten nicht nur in Frankreich, sondern auch in den damaligen Vasallenstaaten, Italien und Holland, gegründet wurden. Nach Napoleons Fall war Cuvier eine unentbehrliche Autorität in wissenschaftlichen und pädagogischen Dingen, und trotz der katholischen Reaktion, die mit den Bourbons zur Geltung kam, behielt er als Protestant nicht nur alle seine Ämter, sondern wurde noch mehr befördert, erhielt den Baronstitel und die Ernennung zum Minister für Angelegenheiten der protestantischen Kirche. Unter allen staatlichen Umwälzungen verstand er es, seine politische Unabhängigkeit zu wahren, und stieg nach der Julirevolution noch höher, indem er Pair von Frankreich wurde. Diese letzte Ehrung erfolgte schon kurz vor seinem Tode, denn im Jahre 1832 fiel er der ersten großen Choleraepidemie in Europa zum Opfer. Seine Gattin überlebte ihn, aber alle seine Kinder waren vor ihm gestorben.

Als Persönlichkeit ist Cuvier von der Welt und Nachwelt sehr verschieden beurteilt worden. Daß er, der mit solchem Erfolge unter Napoleon diente, selbst despotisch veranlagt war, scheint festzustehen, und dem persönlichen Haß, der allen solchen Personen zuteil wird, ist auch er nicht entgangen. Den perfiden Beschuldigungen, welche bis in die letzte Zeit gegen ihn gerichtet wurden, widerspricht das Ansehen, das er bei seinen Zeitgenossen genoß, und das beste Zeugnis für seinen wirklichen Charakter ist das würdige Benehmen, das ihn in der Polemik gegen Geoffroy Saint-Hilaire nie verließ, und die Liebenswürdigkeit und Hilfsbereitschaft, die ihm im Umgang mit jüngeren Gelehrten nachgerühmt wird. In der Politik war er konservativ, jedoch nie servil. In der Zeit des Kampfes um die Abstammungslehre wurde er des wissenschaftlichen Konservatismus beschuldigt, weil er an der Unveränderlichkeit der Arten festhielt. Hier muß er jedoch mit dem Maßstabe seiner Zeit gemessen werden, und von diesem Standpunkt aus gesehen ist seine Gegnerschaft gegen Lamarcks Theorien völlig erklärlich. Über seine maßgebende Bedeutung für die Entwicklung der Biologie kann jedoch nur eine Ansicht herrschen, und eine Übersicht über die wichtigsten Züge seiner Wirksamkeit wird dieses bestätigen.

Als Cuvier es unternahm, die vergleichende Anatomie wissenschaftlich und pädagogisch zu behandeln, waren seine Gesichtspunkte denen seiner Vorgänger genau entgegengesetzt. Diese waren alle Mediziner,

Daubenton und Vicq d'Azyr, ebenso wie Camper und Blumenbach, für die der Mensch den Ausgangspunkt bildete, mit dem alle anderen Lebewesen verglichen werden sollten. Cuvier dagegen hatte mit dem Studium der Meerestiere, der Fische, Mollusken und Würmer, begonnen. Nach seiner Ankunft in Paris führte er einige wertvolle Einzeluntersuchungen in Campers Stil über den Orang-Utan, das Nashorn und das Gespensttier aus, und von da ab bildeten die Wirbeltiere sein vornehmstes Untersuchungsmaterial. Er betrachtete es als seine Lebensaufgabe, eine allgemeine vergleichende Anatomie zu schaffen, und arbeitete während seines ganzen Lebens daran, oft in seinen anderen Arbeiten auf das kommende Werk verweisend, das aber nie fertig wurde. Als Vorarbeit dazu erschienen seine von seinem Schüler Duméril nachgeschriebenen Vorlesungen. Die in diesen ausgearbeitete Anschauungsweise kam in mehreren Einzelabhandlungen, über die Fische, über die Mollusken und über fossile Wirbeltiere, zur Anwendung, und zum Schluß veröffentlichte er ein systematisches Werk „Règne animal", dem dasselbe Prinzip zugrunde lag. Durch diese Werke wurde er, wie W. Leche sagt, „der Gründer der modernen vergleichenden Zoologie. Er wurde es nicht durch Beibringen einer großen Menge neuer Tatsachen, sondern eher durch die Einführung einer neuen Methode." Ungefähr dasselbe hat man, wie wir früher sahen, von einem anderen großen Bahnbrecher gesagt, den Frankreich der Naturforschung geschenkt hat, nämlich von Lavoisier. Es scheint, als ob diese Fähigkeit, neue wissenschaftliche Werte auf dem Wege der Methode zu schaffen, der scharfen und kritischen Begabung der französischen Nation angemessen ist.

Die neue Methode, die Cuvier demnach einführte, war die vergleichend anatomische im modernen Sinne. Wie er selbst zugibt, war er nicht ohne Vorläufer. Das Forscherpaar Buffon-Daubenton, ferner Camper, Vicq d'Azyr und Blumenbach haben wichtige Beiträge zu diesem Zweige der Wissenschaft geliefert. Cuviers großer Einsatz jedoch besteht in seiner folgerichtigen und weitreichenden Anwendung der vergleichenden Methode, wodurch er in der Tat eine ganz neue Auffassung des ursächlichen Zusammenhanges in der Natur sowohl hinsichtlich der Gestaltung des einzelnen Individuums, als auch in Bezug auf das gegenseitige Verhältnis der verschiedenen Tierformen untereinander geschaffen hat. Auf diesem Gebiete hat er vielleicht am meisten von Aristoteles gelernt, dem er gleich ist in der Fähigkeit, maßgebende Formeigenschaften der Naturgegenstände zu entdecken und zu vergleichen.

In seinem ersten größeren Werke, den oben angeführten „Leçons sur l'anatomie comparée", erschienen in den Jahren 1799—1805, steht Cuvier noch bis zu einem gewissen Grade auf einem alten Standpunkt,

und der Einfluß seiner Vorgänger, namentlich Daubentons und Vicq d'Azyrs, sind deutlich zu erkennen. Was aber von Anfang an beim Lesen dieses Jugendwerkes von Cuvier überrascht, ist die Klarheit und Nüchternheit des Gedankens besonders in der Auffassung theoretischer Fragen. Jede Spekulation über das innerste Wesen des Daseins wird vermieden und offen die Ohnmacht des menschlichen Erkenntnisvermögens und die Wertlosigkeit von Gedankenkonstruktionen auf diesem Gebiete, wie sie die Naturphilosophie seiner Zeit schuf, um die Lücken in unserem Wissen von der Natur zu füllen, zugestanden. Hierdurch trat Cuvier in einen scharfen Gegensatz zu solchen Forschern wie Buffon, Bonnet und Lamarck, von den deutschen Naturphilosophen schon gar nicht zu reden. Diese Anlage für Kritik war Cuvier zweifellos angeboren, geschult wurde sie jedoch sicher durch das Studium von Kant, den er an einer Stelle anführt, wie überhaupt seine in Stuttgart gestiftete Bekanntschaft mit der deutschen Gedankenwelt dazu beigetragen hat, seinen Gesichtskreis über das für seine Landsleute der damaligen Zeit gewöhnliche Maß zu erweitern. Die Betrachtung über das Leben, mit der die oben angeführte Arbeit beginnt, wird mit der ausdrücklichen Bemerkung eingeleitet, daß das innerste Wesen des Lebens ein Rätsel verbleiben wird; „ein Wort, das der Ungebildete als den Ausdruck für ein besonderes Prinzip betrachtet, obgleich es in der Tat nie etwas anderes bezeichnen kann als die Zusammenfassung derjenigen Phänomene, die seine Entstehung veranlaßten". Darauf folgt eine Schilderung dieser Phänomene, welche an jene erinnert, die Humboldt in seiner oben angeführten Schrift aus der Jugendzeit gibt: Wir beobachten einen Zustand, der das Streben der gewöhnlichen physikalischen und chemischen Kräfte, den Körper in seine einfachen Bestandteile aufzulösen, hindert. Diesen nennen wir Leben, und seine Erhaltung fordert einen beständigen Umsatz chemischer Bestandteile; es werden neue in den Körper aufgenommen und zur selben Zeit andere dort befindliche ausgeschieden. Schließlich hört das auf und dann tritt der Tod ein und mit ihm die Auflösung der Bestandteile des Körpers, die das Leben verhinderte. Und dieses Leben kann nur von einem vorhergehenden Leben erzeugt werden, aber das Problem der Lebenszeugung ist unergründlich, wie das Leben selbst. Cuvier gibt also keine Urzeugung zu. Weiterhin berichtet er über die verschiedenen Bestandteile des Körpers, ihre Zusammensetzung und Funktion. Er zeigt dabei, daß er die Chemie beherrscht, wie sie Lavoisier und seine Nachfolger ausgebildet hatten. Er betont die Rolle des Sauerstoffes bei der Atmung, die er dem Verbrennungsprozeß gleichstellt, nennt die einfachsten Bestandteile des Körpers, Kohle, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, und hebt die Bedeutung des letztgenannten Stoffes für den tierischen Organismus im Gegensatz zu dem pflanzlichen hervor.

Wie himmelweit diese sachliche und kritische Darstellung der Lebenserscheinungen verschieden ist von Lamarcks phantastischen Spekulationen, braucht kaum noch hervorgehoben zu werden. Der Vorgänger, an den Cuvier am meisten in diesem seinem Jugendwerk erinnert, ist ohne Zweifel Vicq d'Azyr. Aber schon hier tritt Cuviers Eigenart hervor namentlich in der Auffassung der Aufgaben der Anatomie und der darauf beruhenden Anordnung der Einzeldarstellungen. Während bei Vicq d'Azyr die Funktion der Organe das Wesentliche ist und die Grundlage seiner Arbeit demnach physiologisch, so stellt Cuvier die Form der Organe in den Vordergrund. Er hebt hervor, daß die Atmung, deren Rolle bei dem Stoffwechsel im ganzen Tierreiche dieselbe ist, in den verschiedenen Tierklassen von Organen ausgeführt wird, die einander so unähnlich sind, daß kein Vergleich zwischen ihnen möglich ist. Dasselbe gilt auch von den Bewegungsorganen. Andererseits aber findet bei gleichartigen Tieren ein Zusammenwirken der Organe statt, das zur Folge hat, daß diese hinsichtlich ihrer Form absolut voneinander abhängig sind. Es ist das die Korrelation der verschiedenen Organe eines und desselben Körpers, die schon Vicq d'Azyr in ihren Grundzügen schildert, und die von Cuvier im einzelnen studiert und zur Grundlage seiner Auffassung sowohl der Lebensbedingungen der Tiere in der Natur, als auch ihrer systematischen Einteilung gemacht wird. Er hebt hervor, daß ein fleischfressendes Tier, dessen Verdauungskanal geeignet ist, solche Nahrung aufzunehmen, scharfe Zähne haben muß, um das Fleisch zu zerkleinern, Kiefer, die solchen Zähnen angepaßt sind, Krallen zur Ergreifung der Beute, die Fähigkeit, sich schnell zu bewegen, und scharfe Sinnesorgane. Ein Raubtier kann also niemals Hufe oder flache Backenzähne haben, die nur für Pflanzenfresser geeignet sind. Ein geübter Forscher müsse also aus einem einzigen richtig gewählten Körperteil auf Gestalt, Lebensweise und systematische Stellung des ganzen Tieres schließen können. In dem System sollten also die Tiere zusammengefaßt werden, welche wenigstens hinsichtlich der für das Leben wichtigsten Organe vollkommen übereinstimmen. Die Schaffung eines ganz und gar auf solche Übereinstimmung von Organen gegründeten Systems wurde hernach eine von den Aufgaben, die Cuvier nie aus dem Auge verlor. Einstweilen begnügte er sich indessen mit einer Einteilung, die sich bloß darin von der alten unterschied, daß die Wirbeltiere und Wirbellosen voneinander geschieden wurden, und daß die niedersten Tiere unter dem Namen Zoophyta vereinigt wurden, den Lamarck auf das schärfste mißbilligte. Im übrigen behielt Cuvier die bunt zusammengesetzte Klasse der Vermes bei und ließ auch sonst seine anatomischen Vergleiche sich über das ganze Tierreich erstrecken. Dabei hütete er sich jedoch von Anfang an davor, seine Vergleiche weiter auf die Einzelheiten auszudehnen, als er verantworten

konnte, und unterscheidet sich darin scharf von Vicq d'Azyr und Lamarck, von Geoffroy Saint-Hilaire schon gar nicht zu reden.

In der Folgezeit wendete Cuvier seine Methode teils auf Spezialuntersuchungen über Fische und Mollusken an, wie bereits erwähnt wurde, teils und hauptsächlich auf Säugetiere. Innerhalb dieser Klasse wurde er bald auf ein besonderes Gebiet gelenkt, indem er sich auf das Studium der fossilen Formen legte. Paris liegt bekanntlich auf Kalkablagerungen, deren als Baumaterial geeigneten Steine besonders reich an Versteinerungen sind. Diese hatten schon Buffon zu Beobachtungen und Spekulationen veranlaßt, und er schuf auf Grund von Material aus dieser und anderen Gegenden seine Theorie von der Entwicklung der Erde und der sie bewohnenden Lebewesen. Cuvier war jedoch der erste, der sich an eine systematische Erforschung des an Versteinerungen reichen Gebietes von Paris wagte. Unterstützt von seinem Freunde Brogniart nahm er systematische Ausgrabungen vor, wobei die Lage der Fossilien genau beobachtet wurde und man die zerstreuten Tierreste an jedem Orte so sorgfältig als möglich sammelte. Darauf begann Cuvier, seine Korrelationstheorie auf die Fossilien anzuwenden. Zu jedem einzelnen Knochen suchte er aus der Umgebung solche Knochen zusammen, die nach ihrem Bau mit dem zuerst gefundenen zusammenzugehören schienen. Wenn das Skelett dennoch unvollständig blieb, so zog er aus den vorhandenen Knochen Schlüsse auf die Lebensweise des Tieres und aus dieser wieder auf den Bau der fehlenden Knochen. Aus dem Knochenbau konnte alsdann auf den Bau der Weichteile geschlossen werden. Noch größere Sicherheit erhielt die Methode durch den Vergleich der Einzelheiten der Skelette ausgestorbener Tiere mit den entsprechenden Knochen nahe verwandter lebender. Durch diese Rekonstruktionsmethode, die er in seinem berühmten Werk „Recherches sur les ossemens fossiles“ (1812) auseinandergesetzt hat, schuf Cuvier die paläontologische Wissenschaft im Sinne unserer Zeit. Gleichzeitig hat er aber auch durch die Einführung der fossilen Tiere in die zoologische Systematik diese wesentlich umgebildet. Durch die Berücksichtigung der ausgestorbenen Tierformen erhielten die Untersuchungen über die Verwandtschaftsbeziehungen der rezenten Tierwelt einen festeren zuverlässigeren Boden und zeitigten oft Resultate, die die Systematiker älterer Zeiten für nicht möglich gehalten hätten. Von Cuviers eigenen Untersuchungen auf diesem Gebiete ist besonders seine vergleichende Studie über die elefantenartigen Tiere berühmt geworden, in der er auf das überzeugendste nachweist, welche Resultate seine neue Methode geben könne. Zuerst untersuchte er den Unterschied zwischen dem indischen und dem afrikanischen Elefanten, die früher zu einer Art gerechnet wurden, aber nach dem Vergleich der Zähne und des Knochenbaus sich als zwei verschiedene Arten heraus-

stellten. Ferner stellte er fest, daß das ausgestorbene Mammut, von dem er so viel Reste sammelte, als er erhalten konnte, näher mit dem indischen als mit dem afrikanischen Elefanten verwandt war. Zum Schluß vergleicht er einige andere zum Teil schon früher bekannte und von Buffon geschilderte, zum Teil neu gefundene Reste ausgestorbener Elefanten mit den lebenden. Unter diesen fossilen Elefanten befanden sich auch solche aus Amerika mit höckerigen Backenzähnen, für die eine neue Gattung, Mastodon, gegründet wurde, deren Arten jedoch wirkliche Elefanten waren, denn ihre schweren Köpfe lassen einen kurzen Hals voraussetzen, der seinerseits zugleich mit den langen Beinen beweist, daß die Tiere Rüssel hatten, während man aus den Höckern auf den Backenzähnen schließen kann, daß ihre Nahrung derjenigen der Nilpferde glich. Überhaupt interessierte sich Cuvier für die Dickhäuter und studierte ihre jetzt lebenden Formen, Nashorn, Nilpferd und Tapir, um sie mit ihren ausgestorbenen Verwandten zu vergleichen, von denen er eine Anzahl neue Gattungen beschrieben hat, Paläotherium, Dinotherium u. a. Auch den kleinen Klippschliefer hat er aus anatomischen Gründen von den Nagetieren, zu denen er früher gerechnet wurde, getrennt und in der Nähe der Elefanten untergebracht — eine der kühnsten Anwendungen seiner vergleichend anatomischen Methode. Die ersten genauen Beschreibungen des amerikanischen Riesenfaultieres stammen von ihm, und über ausgestorbene Vögel und Kriechtiere hat er einige Studien von bedeutendem Werte gemacht.

Diese Untersuchungen über das Vorkommen und die Verwandtschaftsverhältnisse ausgestorbener Tierformen stellten jedoch Cuvier wie vorher Buffon vor die Frage, welcher Art die Veränderungen der Erdoberfläche gewesen wären, die eine solche Verschiedenheit zwischen der Tierwelt vergangener Zeiten und der jetzigen verursachten. Die Antwort hat er in einer Übersicht über die Entwicklung der Erde im Laufe der Zeiten zu geben versucht, die seine „Recherches“ einleitet und seine am besten bekannte und am meisten umstrittene Arbeit wurde. Er sucht hier, gestützt auf ein Material, bestehend aus den besten Beobachtungen früherer Zeiten und vervollständigt durch eigene Erfahrungen, den Beweis zu führen, daß die Veränderungen in der Beschaffenheit der Tierwelt auf großen Umwälzungen beruhten, der die Erdoberfläche in vergangenen Zeiten unterworfen gewesen ist. Daß diese Veränderungen den Charakter gewaltsamer Katastrophen hatten, steht für ihn von Anfang an fest, denn wie sollten sonst Ablagerungen, die nach der Beschaffenheit ihrer Versteinerungen zu urteilen, im Meere entstanden sind, jetzt in enormen Höhen und dazu noch verschoben und umgestürzt angetroffen werden können. Daß solches mit großer Geschwindigkeit vor sich gegangen sei, beweisen nach seiner Meinung die scharfen Grenzen zwischen

den verschiedenen Schichten, von denen viele noch dazu so kolossale Mengen von Tierresten enthalten, daß man annehmen müsse, sie seien zugleich bei einer großen Umwälzung, die im Augenblick alles Leben vernichtete, umgekommen. Die Annahme solcher Katastrophen erklärt nach Cuviers Meinung auch am leichtesten das Verschwinden von Tierarten alter Zeiten und ihren Ersatz durch ganz oder zum Teil anders geartete Formen. Und bestätigt werde diese Annahme auch noch durch Sagen bei den meisten Völkern, die von einer großen Katastrophe berichten, bei der eine Flut alles lebendige ertränkte, und der natürlich auch das Mammut und andere in Europa ausgestorbene Tiere zum Opfer fielen.

In dieser allgemein bekannten „Katastrophentheorie“ sehen wir unzweifelhaft Cuviers Stärke und Schwäche als Denker. Allzu scharf braucht man ihn wegen der Theorie von gewaltigen vulkanischen Umwälzungen mit nachfolgenden Überschwemmungen nicht zu tadeln, denn das geologische Beobachtungsmaterial war damals noch recht dürftig, und besonders die französische Forschung war in erster Linie auf die Alpen angewiesen, deren stark verschobene und noch heute schwer zu deutende Formationen wohl geeignet scheinen, den Glauben an heftige Katastrophen hervorzurufen. Unleugbar besaß aber Cuvier die stark hervortretende Neigung, die von ihm einmal aufgestellten Theorien auf die Spitze zu treiben und aus ihnen die äußersten Konsequenzen zu ziehen, was wohl mit seiner starken Begabung für die formale Seite der Wissenschaft zusammenhing. Er behauptet somit bestimmt, daß jede Ablagerung ihre bestimmten Fossilien habe, die für sie charakteristisch und anderswo nicht zu finden seien. Die Katastrophen hätten also alle vor ihnen lebenden Arten vollkommen ausgerottet, und nie habe eine Art eine Katastrophe überlebt. Folglich könnten die fossil angetroffenen Arten nie mit den heute lebenden identisch sein. Die fossilen Reste von Löwen, Bären, Elefanten gehörten also anderen als den heute lebenden Arten an, und fossile Menschenreste könne es nicht geben, würden aber dennoch Menschenknochen zusammen mit Fossilien gefunden, so könnten sie ihnen nur zufällig beigemengt sein. Im Gegensatz zu Lamarck nimmt er an, daß die geologischen Entwicklungsperioden keineswegs unendlich lange Zeit gedauert hätten, sondern im Gegenteil recht begrenzt gewesen seien, weshalb auch die Annahme von Artenveränderung durch Gewöhnung und äußere Lebensverhältnisse unberechtigt wäre. Wären Artveränderungen möglich, so müßten Übergänge von ausgestorbenen zu rezenten Arten gefunden werden können, aber solche gäbe es nicht. Die Unveränderlichkeit der Arten ist für Cuvier eine Tatsache, und wir finden bei ihm keine Spur von Linnés im Alter ausgesprochenen Bedenken wegen der Schwierigkeit, die Arten voneinander abzugrenzen. Arten sind nach seiner Definition „die Individuen, welche voneinander oder

von gemeinsamen Eltern abstammen und diesen ebenso gleichen, wie einander". In dieser Definition ist also nichts über die Erschaffung der Arten gesagt, von der, wie bekannt, Linné ausging, die aber von Cuvier gar nicht berührt wird. Die so oft in der Literatur wiederholte Behauptung, nach Cuviers Meinung sei das Leben nach jeder Katastrophe von neuem geschaffen worden, ist vollkommen unrichtig. Er sagt im Gegenteil, daß einzelne Teile der Erde jedesmal von der Verwüstung verschont bleiben konnten, so daß von diesen Oasen aus die Lebewesen sich wieder verbreiteten, und wendet diese Hypothese ausdrücklich auf den Menschen an. Allerdings steht diese Annahme in gewisser Hinsicht im Widerspruch zu der weiter oben angeführten vom völligen Aussterben aller Arten zur Zeit der Katastrophen. Aber Cuvier interessierte sich überhaupt recht wenig für die Dinge, die möglicherweise hätten geschehen können, und hielt sich an das, was er tatsächlich für bewiesen ansah, die Hypothesen der „Metaphysik" überlassend. Daß er, wie behauptet wird, religiösen Glaubenssätzen Einfluß auf wissenschaftliche Dinge eingeräumt hätte, ist gleichfalls nicht wahr. Freilich hielt er sich mit Überzeugung zu dem Bekenntnis der protestantischen Kirche, deren höchster Beschützer er in Frankreich wurde, aber in der wissenschaftlichen Beweisführung spielen ihre Lehren bei ihm keine Rolle, und Lamarck weist in der Tat weit öfter auf den Schöpfer hin als Cuvier. Daß letzterer sich auf Moses als Stütze für seine Überschwemmungstheorie beruft, ist allerdings wahr, aber zugleich führt er auch chaldäische und ägyptische Urkunden an, denen er dieselbe Autorität beimißt, und das Vertrauen auf die Beweiskraft von Volkssagen war ein Irrtum, der auch von den meisten Historikern vom Fach zu jener Zeit begangen wurde.

In seinem im Jahre 1817 erschienenen Werke „Le règne animal, distribué après son organisation" entwickelt Cuvier seine Ideen weiter. Schon im Vorwort widerspricht er scharf denen, die alle Lebewesen in einer Reihe ordnen wollen, und erklärt ein solches Bestreben für unverzeihlich. Er stellt bestimmt in Abrede, daß diejenigen Säugetiere, die als letzte im System stehen, die niedersten wären, oder daß das letzte Säugetier in der Reihe vollkommener wäre als der erste Vogel. Hier trifft Cuvier allerdings einen der schwächsten Punkte in der ganzen Reihentheorie, wie sie Bonnet und Lamarck aufgestellt haben, und hat offenbar der Auffassung von der Relativität der Entwicklungsstufe vorgegriffen, die unserer Zeit angehört. Die praktische Anwendung dieser seiner Ansicht bildet seine berühmte Einteilung in Typen. Das Tierreich wird nach dieser in vier Hauptgruppen eingeteilt, in die Wirbeltiere, Weichtiere, Gliedertiere und Strahltiere. In jeder von diesen herrscht ein besonderer „Grundplan" für die Gestaltung der Lebensformen, ein Plan, der in abgeänderter Weise bei den verschiedenen systematischen Kategorien inner-

halb des Typus hervortritt. Demnach können die Tiere innerhalb eines Typus miteinander verglichen werden, aber zwischen den Grundplänen verschiedener Typen ist kein Vergleich möglich. Diese Typentheorie ist Cuviers größter Beitrag auf dem Gebiete der Systematik der Tiere und bedeutet den größten Fortschritt hierselbst seit Linnés Tagen. Sie bildet, wenn auch in teilweise veränderter Form, die Grundlage aller späteren Tiersystematik, und dank derselben ist es der Biologie unserer Zeit möglich geworden, einen festeren Grund für die Abstammungslehre zu finden, als Lamarck mit seiner einheitlichen Entwicklungsreihe. Freilich geschah das erst, als man in unserer Zeit die Möglichkeit entdeckte, den Grundplan und den Bau der Organe auch bei Tieren verschiedener Typen vergleichen zu können. Hier wie bei der Anwendung seiner geologischen Theorie hat Cuvier nicht genügend weit reichende Folgerungen aus den Beobachtungen gezogen, auf die er sein System gründet.

Außer der Erörterung der Typentheorie enthält die angeführte Arbeit auch eine Anzahl Aussprüche über allgemein wissenschaftliche Fragen, und hier wie auch sonst behauptet Cuvier den streng kritischen Standpunkt, der für ihn ein Lebensbedürfnis ist. Er ist überhaupt ein Meister darin, nicht mehr zu sagen als er verantworten kann, und bisweilen kann man nur auf Umwegen seinen Gedankengang erraten. So wiederholt er seinen oben angeführten Satz von der Eigenschaft des Lebens, den chemischen Affinitäten der den Körper bildenden Elementen entgegenzuwirken, und fügt hinzu, daß es ungereimt wäre, bei einer in dieser Weise wirkenden Kraft eine chemische Natur vorauszusetzen. Eine bestimmte vitalistische Theorie gibt er aber nicht. Ebenso vorsichtig redet er von der Befruchtung. Man könne nicht wissen, wie der Keim entsteht, sondern nur seine weitere Entwicklung studieren. In gleicher Weise ist das Seelenleben ein Mysterium, der Materialismus aber eine willkürliche Hypothese „um so mehr, als die Philosophie keinen direkten Beweis für das wirkliche Dasein der Materie erbringen kann“. Hier hat Cuvier unzweifelhaft von Kant gelernt. Dagegen scheint seine Analyse des Einflusses der Sinneswahrnehmungen auf das Gehirn eher von Condillac und dessen Schule beeinflußt zu sein. Einen außerordentlichen Fortschritt bezeichnet aber die Sachkenntnis, mit der Cuvier die Lehren der neuen Chemie auf die Zoologie anwendet. In dieser Hinsicht hat er den Grund gelegt, auf dem die spätere Forschung weitergebaut hat.

In den Schriften aus Cuviers letzten Lebensjahren tritt mit immer größerer Bestimmtheit seine klare, aber auch enge Auffassung des Verhaltens der Tierformen zueinander hervor. Besonders scharf erkennt man das in seinem schon von den Zeitgenossen sehr beachteten und von der Nachwelt bis in unsere Zeit eifrig umstrittenen Konflikt mit Geoffroy Saint-Hilaire. Beide waren ja Freunde von Jugend auf und haben

lange getreulich zusammen gearbeitet. Allmählich trennten sich jedoch ihre Wege, und Cuvier hielt immer strenger auf seine Grundsätze von der Unveränderlichkeit der Arten und der Unvergleichbarkeit der Typen, während sich Geoffroy immer eifriger in die Vergleichung der Organe bei verschiedenen Tierformen vertiefte und darauf seine Spekulationen über einen einheitlichen Lebenstypus aufbaute. Cuvier war persönlicher Polemik abhold und kleidete seine Einwände gegen Ansichten, die er mißbilligte, ohne sie an eine Person zu richten, stets in eine höfliche, bisweilen kühl ablehnende Form. Während also Geoffroy jahrelang seine oben geschilderten phantastischen Vergleiche zwischen Gliedertiersegmenten und Rückenwirbeln, Schildkröten- und Muschelschalen vorbrachte, widersprach Cuvier niemals direkt diesen seiner Ansicht nach absurden Ideen, sondern formte immer schärfer seine eigenen Theorien und seine Verwahrungen gegen abweichende Ansichten. Schließlich im Jahre 1830 kam der unvermeidliche Zusammenstoß. Geoffroy legte der Akademie der Wissenschaft eine von zwei jüngeren Forschern eingesandte Mitteilung vor, die eine eingehende Vergleichung der Tintenfische mit Wirbeltieren enthielt. Die Tintenfische wurden als in der Mitte geknickte Wirbeltiere gedeutet, deren Analöffnung gegen den Kopf gedrückt war und die ein Zwerchfell, den Schädelknochen entsprechende Knorpelstücke und überhaupt die meisten der für die Wirbeltiere charakteristischen Organe besitzen sollten. Der Aufsatz enthielt einen direkten Angriff gegen Cuvier, der zwar während des Druckes gestrichen wurde, aber, da der Akademie vorgelegt, eine Erwiderung erforderte. Sie erfolgte von Cuviers Seite in Form einer höflichen, aber scharfen Abrechnung mit Geoffroys ganzer naturwissenschaftlicher Spekulation. Indem er nebeneinander die Organe eines Tintenfisches und eines in der Mitte umgebogenen Wirbeltieres, das in dieser Stellung jenem gleichen sollte, abbildete, bewies er die Grundverschiedenheit der entsprechenden Organe in Bau und Lage und zeigte, daß außerdem viele Organe bei der einen Form fehlten, die bei der anderen vorhanden waren. Ferner verurteilte Cuvier das ganze Grundprinzip, auf dem Geoffroy seine Forschung aufbaute, indem er zugleich dessen Verdienste als vergleichender Wirbeltieranatom hervorhob und unter Hinweis auf die Ähnlichkeit zwischen den Knochen verschiedener Wirbeltiere, die Geoffroy nachgewiesen hatte, behauptete, daß dessen Methode keineswegs neu wäre, sondern von Aristoteles stamme, und daß Geoffroys Äußerungen über einen einheitlichen Plan für die Gestaltung des ganzen Tierreiches leeres Gerede wäre, dem die Verhältnisse in der Natur nicht entsprächen. Über diese Antwort war Geoffroy sehr aufgebracht, und nun entspann sich einer jener in der Geschichte der Wissenschaft so gewöhnlichen Kämpfe zwischen zwei Vertretern ganz verschiedener Richtung und Ver-

anlagung, die um so unfruchtbarer zu sein pflegen, je länger sie dauern. Bezeichnend war es, daß Geoffroy sogleich von der Vergleichung der Tintenfische und Wirbeltiere Abstand nahm und die Diskussion auf das Gebiet der Wirbeltiere hinüberleitete. Zugleich vertauschte er den Ausdruck „unité de plan", den Cuvier verurteilt hatte, mit der Bezeichnung „théorie des analogues", bestand aber energisch darauf, daß diese Theorie völlig neu sei, denn während die alte vergleichende Anatomie sich nur mit der Form und Funktion eines Organes beschäftigte, verglich die neue Theorie die Teile, aus denen ein Organ zusammengesetzt wäre. Als Beispiel führte er das Zungenbein der Säugetiere an, das er bei verschiedenen Tieren aus verschiedenen Teilen zusammengesetzt gefunden hatte, und die Operkularknochen der Fische. Hiermit deutete Geoffroy unverkennbar das an, was man in unseren Tagen Homologie nennt: die Gleichheit gewisser Organe hinsichtlich ihrer Entwicklungsgeschichte, die zu einer Vergleichung aus anderem Gesichtspunkt als dem der Funktion führt. Leider war er aber in seinen Spekulationen zu unklar, um ihnen eine annehmbare Form zu geben, und in der fortgesetzten Diskussion deckte Cuvier vor der Akademie eine Menge einzelner Irrtümer auf auch hinsichtlich des Vergleiches der Zungenbeine bei den Wirbeltieren, geschweige denn des Vorkommens dieses Knochens bei Krebstieren. Außerdem hatte Geoffroy eine Vorliebe für philosophische Gesamtbetrachtungen, die seinem nüchtern denkenden Gegner rein absurd erscheinen mußten. In der Einleitung zu einem Buche, in dem er seinen Anteil an der Diskussion zusammenstellt, findet sich folgender Ausspruch, der in der Originalsprache wiedergegeben werden muß: „Pour cet ordre des considérations il n'est plus d'animaux divers. Un seul fait les domine, c'est comme un seul être qui apparaît. Il est, il réside dans l'animalité; être abstrait, qui est tangible par nos sens sous des figures diverses." Ein solcher Ausspruch war recht nach Goethes Sinn, der bekanntlich in diesem Streit eifrig für Geoffroy Partei ergriff. Er sah in dieser Angelegenheit einen Kampf der Naturphilosophie selbst und hatte darin recht. Denn wenn sich auch in Geoffroys Spekulationen Gedanken von größtem Werte für die Zukunft und auch für die vergleichende Anatomie unserer Tage fanden, so waren sie gleichwohl ein Ausdruck für dieselbe Naturphilosophie, für dasselbe Streben nach der Auffindung einer idealen Einheit im Dasein, das damals in Deutschland herrschte und auf das sich Geoffroy auch fleißig in seinem Interesse beruft. Cuvier dagegen suchte entsprechend seinem gewissermaßen engen Gesichtskreise das Ziel der Wissenschaft in der exakten Kenntnis der Naturerscheinungen. Weiter den Streit der beiden zu verfolgen hat keinen Wert, denn er verlief sich in Wiederholungen alter Gründe und Festhalten an einmal ausgesprochenen Sentenzen.

Eine Sache muß jedoch noch im Hinblick auf diesen Konflikt beachtet werden. Unter den Behauptungen, die Cuvier vorbrachte und Geoffroy gleich am Anfang mißbilligend anführte, findet sich eine, die verdient, hervorgehoben zu werden, weil sie Cuviers Begrenzung zeigt und besonders weil sie den Gegensatz zwischen den Abstammungstheorien älterer Zeiten und denjenigen unserer Tage beleuchtet. Cuvier sagt von den Tintenfischen: „Sie sind nicht aus der Entwicklung anderer Tiere hervorgegangen, und ihre eigene Entwicklung hat nichts Höheres hervorgebracht als sie selbst." Nach der Entwicklungstheorie unserer Zeit ist der erste von diesen Sätzen unbedingt unrichtig, der zweite dagegen richtig. Für Lamarck und Geoffroy aber waren beide gleich falsch, und sicher waren sie über den zweiten mehr erbittert als über den ersten. Denn was sie suchten, war ja gerade der Anschluß der höchsten Formen einer jeden Klasse an die niedersten der nächstfolgenden, z. B. der Tintenfische an die Fische, der Schildkröten an die Vögel usw. An dieser Klippe strandeten regelmäßig alle älteren Abstammungstheorien. Wenn die Entwicklungsforscher unserer Tage gelernt haben, die Stammtypen gewisser hochdifferenzierter Gruppen gegen den Anfang der Entwicklungsreihe unter den primitiveren Formen zu suchen, so war dieses nur möglich dadurch, daß die moderne Zoologie Cuviers Typentheorie angenommen hat und es vermeidet, hoch entwickelte Lebensformen verschiedener Typen direkt miteinander zu vergleichen. Als Hilfsmittel dient ihr dabei die Embryologie, die Geoffroy ohne Erfolg zur Grundlage seiner Theorie von der Vergleichung der entsprechenden Organe bei verschiedenen Tierformen machen wollte. Somit haben beide Parteien im denkwürdigen gelehrten Streit des Jahres 1830 zur Entstehung der Auffassung unserer Zeit von der Entwicklung in der Natur beigetragen.

Kapitel XXXI.

Bichat und seine Gewebelehre.

In einem früheren Kapitel (Kap. XIX) wurde über die beiden einander widersprechenden Ansichten von der Natur des Lebens berichtet, die zu Anfang des 18. Jahrhunderts herrschten, die mechanistische, welche die Lebenserscheinungen von rein mechanischem Gesichtspunkt aus auffaßte, und die vitalistische, die, durch Stahl und seine Schüler vertreten, in der Seele das wirkliche Wesen des Lebens sah und im Körper nur etwas, das durch und für die Seele da wäre. Stahls Lehre, die in ihrer Art am ausgeprägtesten vitalistische, welche jemals bestanden hat, gewann merkwürdigerweise ihren Anhang besonders in Frankreich, wo sie in der medizinischen Fakultät zu Montpellier Aufnahme und weitere

Entwicklung fand. Besonders war es Stahls Ansicht von der komplizierten chemischen Zusammensetzung des Körpers, der leichten Zersetzbarkeit seiner Bestandteile und der für die verschiedenen Wesen charakteristischen Struktur, welche in der Schule von Montpellier ausgebildet wurde. Dagegen interessierten sich diese Forscher weniger für Stahls Spekulationen über die Seele selbst. An ihre Stelle setzte man das Leben, die Lebenskraft, von der man annahm, sie wäre die zusammenhaltende Kraft, welche verhindere, daß der Körper in seine chemischen Bestandteile auseinanderfalle. In dieser Form haben wir Stahls Lehre schon früher bei Humboldt und Cuvier wiedergefunden. In der Tat wurde der scharfe Gegensatz zwischen Mechanismus und Vitalismus gegen das Ende des 18. Jahrhunderts ausgeglichen. Die Fortschritte der Chemie waren die Veranlassung, daß man außer den reinen Bewegungsphänomenen auch andere Funktionen des Körpers zu studieren anfing, und auch dem eingefleischtesten Mechanisten mußte diese Notwendigkeit schließlich einleuchten. Dazu kamen noch die Entdeckungen bisher unbekannter Naturkräfte, in erster Linie der elektrischen und magnetischen, von denen man in den älteren Zeiten nichts gewußt hatte und zu denen die Biologie Stellung nehmen mußte, gleichviel ob sie sich vitalistisch oder mechanistisch nannte. Als Beispiele des Einflusses dieser neuen Entdeckungen seien hier einerseits Galvanis von Humboldt und anderen fortgesetzte Versuche mit elektrischen Erscheinungen im Organismus erwähnt, und andererseits Mesmers Versuche mit dem „animalen Magnetismus", oder, wie wir heute sagen würden, mit hypnotischen Phänomenen. Durch alle diese Komplikationen erhielt die Auffassung von den Lebenserscheinungen in jener Zeit einen Zug von Unsicherheit und Tappen im Dunkeln, bis durch die Entdeckung des Gesetzes von der Unzerstörbarkeit der Energiemenge auch die Biologie eine neue Grundlage erhielt, auf der sie weiterbauen konnte und aufs neue eine mechanistische Auffassung der Lebenserscheinungen möglich wurde.

Unter den Forschern der Schule von Montpellier, die gegen die herrschende, besonders auf Boerhaaves Autorität sich stützende mechanistische Auffassung vom Leben auftraten, mag hier Théophile de Bordeu (1722—1776) genannt werden. Er war der Sohn eines Arztes im südlichen Frankreich und widmete sich nach Beendigung seiner Studien der Praxis, zuerst in seinem Heimatsort und später in Paris. Seine Auffassung von den Lebenserscheinungen veröffentlichte er in einer Arbeit „Über die Drüsen". Die Physiologen von der mechanistischen Richtung seiner Zeit sahen die Ursache der Drüsensekretion einfach im Druck der umgebenden Muskeln. Durch eine Reihe sorgfältiger Versuche und auf sie gegründete weitläufige Erörterungen beweist Bordeu, daß ein mechanisches Zusammendrücken nimmer eine Drüsensekretion hervorrufen

könne. Diese beruhe im Gegenteil auf direktem Einfluß der zur Drüse führenden Nerven. Durch Nervenwirkung werde der Blutzufluß zu den Drüsen vermehrt, deren Follikel auf rein mechanischem Wege — Bordeu glaubte Öffnungen gefunden zu haben, die sich unter dem Einfluß von Nerven öffneten und schlossen, — diejenigen Flüssigkeiten aus dem Blute entnehmen könnten, die für ihre Sekretion charakteristisch wären. Diese individuelle Fähigkeit der Drüse, die geeigneten Flüssigkeiten aufnehmen zu können, nannte Bordeu „Sensation", und schreibt jedem Teile des Körpers eine gewisse Selbsttätigkeit zu, einen „Takt", wie er es nennt. Der Magen z. B. nimmt gewisse Stoffe auf, während er auf andere mit Erbrechen reagiert, das Auge reagiert in einer Weise auf die Außenwelt, das Ohr auf eine andere Art. Das Leben kommt durch die Zusammenwirkung der individuellen Betätigungen aller Organe zustande. Gehirn und Nervensystem regeln dieses Zusammenwirken, und ihre Tätigkeit äußere sich in wechselweisen Zusammenziehungen und Ausdehnungen ihrer Masse. Obgleich Bordeu seine unbegrenzte Bewunderung für Stahl ausspricht, äußert er sich doch mit großer Vorsicht über das Verhältnis der Seele zum Körper, wie er es überhaupt vermeidet, sich auf abstraktere Gedankenflüge einzulassen.

Ausgesprochen naturphilosophische Spekulationen finden wir dagegen bei einem anderen Schüler von Montpellier, Paul Joseph Barthez (1734—1806). Er war zuerst praktischer Arzt, später Professor in Montpellier und schließlich Kanzler der Universität daselbst. Streitlustig und heißblütig, wie er war, geriet er in verschiedene Konflikte, namentlich als er während der Revolution für den Adel Partei ergriffen hatte. Eine zeitlang lebte er, aus dem Amt entlassen, als Privatmann. Seine theoretischen Ansichten hat er in einem Werk unter dem bezeichnenden Titel „Science de l'homme" veröffentlicht. Die Einleitung bildet eine Analyse der Kausalität, die hernach besonders mit Hinsicht auf die Ursachen des Lebens untersucht wird. Barthez hält die äußerste Ursache des Lebens für nicht erklärbar und ist weder durch Boerhaaves, noch durch Stahls Theorien zufrieden gestellt, die er auch nicht als in der Heilkunst anwendbare Hypothesen gelten läßt. Statt ihrer nimmt er ein besonderes „Lebensprinzip" als Grundbedingung aller Lebensäußerungen lebender Wesen an. Dieses Lebensprinzip ist bei dem Menschen nicht dasselbe wie das bewußte Seelenleben, sondern es ist eher eine Art allgemeiner Kraft, die die Irritabilität, Sensibilität und andere von den damaligen Physiologen beschriebene Lebenserscheinungen umfaßt. Diese Spekulation schlägt offenbar eine der von Bordeu entgegengesetzte Richtung ein. Diese wollte die Lebensäußerungen der verschiedenen Organe als isolierte Phänomene betrachten, während Barthez vor allem ein gemeinsames, für alle Lebensäußerungen gültiges Prinzip finden will.

Diese und andere Mitglieder der Schule von Montpellier im 18. Jahrhundert verdienten außerhalb der Grenzen Frankreichs kaum genannt zu werden, wenn nicht ihre Werke die Grundlage bildeten, auf der Bichat weiter baute. Marie François Xavier Bichat wurde im Jahre 1771 in Jura im östlichen Frankreich geboren. Sein Vater war ein angesehener Arzt, und der Sohn sollte ebenfalls Arzt werden. Nach beendigtem Schulunterricht studierte er an einem Krankenhause in Lyon Chirurgie und begab sich, als diese Stadt während der Revolutionskriege zerstört wurde, nach Paris. Dort fand er in dem Chirurgen Desault einen Beschützer, bei dem er als Chirurg und Anatom arbeitete. Nach dem Tode seines Gönners (1795) redigierte er während einiger Jahre dessen Schriften und erhielt dafür von der Witwe Desault, die ihm eine mütterliche Freundin wurde, Rat und Hilfe in praktischen Fragen. Bichat zeigte vom Anfang bis zum Ende seines kurzen Lebens einen Eifer für die Wissenschaft wie kaum ein anderer. Obgleich er die französische Revolution mit ihren aufregenden Ereignissen in nächster Nähe erlebte, vermochte er sich doch ganz und gar den anatomischen Arbeiten zu widmen und verbrachte seine Tage und oft auch ganze Nächte im Anatomikum, um nicht durch den Heimweg Zeit zu verlieren. Um Beförderung kümmerte er sich nicht viel. Im Jahre 1797 begann er jedoch Vorlesungen zu halten und wurde 4 Jahre später, ohne darum angesucht zu haben, zum Professor ernannt. Daneben entwickelte er eine außerordentlich intensive Tätigkeit als Verfasser wissenschaftlicher Arbeiten und beteiligte sich mit großem Eifer am medizinischen Vereinsleben. Im Frühjahr 1802 ergriff ihn ein heftiges Fieber, ob infolge von Leichengift oder einer anderen Ansteckung weiß man nicht, und er starb trotz sorgsamer Pflege seitens seiner Freunde und Kollegen. Er hatte noch nicht das 31. Jahr erreicht.

Bichats Charakter wird von den Zeitgenossen als milde, anspruchslos und uneigennützig geschildert. Seine Schriften zeugen von einer für einen so jungen und vielbeschäftigten Mann auffallend umfassenden allgemeinen Bildung. Und dabei tritt er uns nicht als ein unpraktischer Bücherwurm entgegen, sondern als einer, der in der Welt mitgelebt und vieles auch an den Menschen beobachtet hat. Seine Arbeiten schrieb er im Laufe seiner vier letzten Lebensjahre. In seiner früh erwachten Schaffenskraft glich er Linné und auch darin, daß seine Begabung in erster Linie auf das Formale und Systematische gerichtet war. Bichats größtes Verdienst besteht darin, daß er ein neues System in die anatomische Wissenschaft eingeführt hat.

In seinen Schriften ist Bichat in erster Linie Mediziner. Die Funktionen des Körpers schildert er stets mit besonderer Berücksichtigung ihrer krankhaften Veränderungen und der Art, wie diese zu behandeln seien. Ihn beschäftigte die pathologische Anatomie wohl ebensosehr

wie die normale, und Obduktionen bildeten den wesentlichen Teil seiner praktischen Tätigkeit. Er studierte die verschiedenen Teile des Körpers im gesunden und kranken Zustande und wandte dabei eine Menge von verschiedenen Methoden an. Außer der Sektion nennt er das Kochen, Mazerieren, Trocknen und die Behandlung mit Säuren, Alkalien und Alkoho . Dagegen wandte er nie ein Mikroskop an, weil es nach seiner Meinung nur falsche Bilder vortäuschte. Und doch hat er sich gerade als Begründer einer mikroskopischen Wissenschaft den größten Ruhm erworben. Eine andere Eigentümlichkeit von ihm war, daß er die Abbildung als Hilfsmittel bei der Wiedergabe von Forschungsresultaten verschmähte. Alle Abbildungen, auch die plastischen, gaben seiner Meinung nach nur unvollkommen und irreführend die Tatsachen wieder, die der Forscher darstellen wollte. Seine Schriften enthalten keine einzige Illustration.

Bichats Auffassung vom Leben galt im allgemeinen als vitalistisch. Und er hat unleugbar eine theoretische Grundanschauung, die an Stahl erinnert. Das Leben ist, sagt er, „die Summe der Funktionen, die dem Tode widerstehen". Jedoch ist der Schritt zwischen Bichats sogenanntem Vitalismus und dem von Stahl recht lang. Bichat weist die Theorie des letzteren von der Seele als Zweck und Erhalterin des Körpers zurück. Stahl hatte, sagt er, das Fehlen der Übereinstimmung zwischen den Gesetzen der Physik und den Funktionen der Tiere eingesehen, aber da er mit der Seele alle Funktionen des Lebens erklären wollte, vermochte er nicht, dessen Gesetze zu finden. Aber ebenso bestimmt reserviert sich Bichat auch gegen Boerhaaves Theorie, nach der das Leben als ein rein mechanischer Prozeß zu betrachten ist. „Das wirkliche Wesen des Lebens ist unbekannt; es kann nur an den Phänomenen studiert werden, die es zeigt;" und unter diesen ist das am meisten hervortretende das bereits genannte, nämlich sein Widerstand gegen den Einfluß derjenigen Kräfte, die den Körper zu zersetzen streben und ihr Ziel erreichen, sobald das Leben entflohen ist[1]). Stahl hat, wie bekannt, die komplizierte chemische Zusammensetzung und die durch sie bedingte leichte Zersetzbarkeit als etwas dem Leben Eigentümliches hervorgehoben, und Bichat schätzte diese Wahrheit wie niemand vor ihm und entwickelte sie weiter auf Grund der bahnbrechenden Entdeckungen der Chemie in seinen Tagen. Das wichtigste aber, was er von Stahl gelernt hat, ist die Bedeutung der verschiedenartigen Strukturverhältnisse für die Funktionen der Organe. Die Strukturlehre ist also eigentlich Bichats größter Beitrag zur Entwicklung der Biologie, denn sie ist einer der

---

1) Diese Definition erinnert an Humboldts oben zitierte Jugendansicht und kann gewiß aus derselben Quelle hergeleitet werden.

Grundpfeiler, auf denen unsere Auffassung vom Leben und seinen Äußerungen ruht.

Nach Bichats Meinung besteht der Körper aus Geweben, die zu Systemen vereinigt werden können, z. B. das Knochensystem, das Knorpelsystem, das Muskelsystem. Ein Organ ist aus mehreren Systemen zusammengesetzt, z. B. Magen, Lungen, Gehirn. Mehrere Organe bilden einen Apparat, z. B. der Atmungsapparat, der Verdauungsapparat. Die Kenntnis der Gewebssysteme bildet das, was Bichat die allgemeine Anatomie nennt und was er in einem großen Werk behandelt[1]). Auf dieser Kenntnis müsse die Organlehre, oder, wie er sie nennt, die deskriptive Anatomie gegründet sein. Bichat betont, daß diese Forschungs- und Lehrmethode neu sei, denn, fügt er mit berechtigtem Selbstgefühl hinzu, eine allgemeine Anatomie wäre vor dem Erscheinen seines Werkes kaum vorhanden gewesen.

Die Gewebe sind nach Bichat die eigentlichen Träger des körperlichen Lebens. Er unterscheidet unter ihnen 21 Arten: 1. zelluläre (am ehesten denen entsprechend, die man jetzt retikuläre Bindegewebe nennt), 2. Nervengewebe des animalen Lebens, 3. Nervengewebe des organischen Lebens, 4. arterielle, 5. venöse, 6. Exhalationsgewebe, 7. absorbierende, 8. Knochengewebe, 9. Markgewebe (in den Knochen) 10. Knorpelgewebe, 11. fibröse, 12. fibrokartilaginöse Gewebe (Bindegewebsknorpel), 13. animale Muskulatur, 14. organische Muskulatur, 15. Schleimgewebe, 16. seröse, 17. synoviale, 18. Drüsengewebe, 19. dermoide, 20. epidermoide (Leder- und Oberhaut), 21. Haargewebe. Diese Gewebe sind jedoch keineswegs überall gleich, sondern können sich den Organen anpassen, die sie bilden helfen. Die Gewebe sind die eigentlichen Träger des Lebens. Nicht jedes Organ, wie Bordeu behauptet, sondern jedes Gewebe habe sein eigenes Leben. Deshalb seien auch die Krankheiten, sofern sie einzelne Organe befallen, auf ihre Gewebe beschränkt. Bei einem Magenkatarrh werde die Schleimhaut angegriffen, aber nicht die Muskeln in der Magenwand, bei einer Gehirnentzündung sei die Hirnhaut in den meisten Fällen der Sitz der Krankheit. „Will man eine Körperfunktion studieren, so muß man das Organ, das sie ausübt, aus einem allgemeinen Gesichtspunkt betrachten, aber will man die Lebenseigenschaften des Organs kennen lernen, so muß man es zerteilen", nämlich in die Gewebe, die es bilden. In seiner Ansicht, daß die Gewebe die Träger des Lebens seien, unterscheidet sich Bichat bestimmt von den vorhergegangenen und den Forschern seiner Zeit, die in den Flüssigkeiten das eigentliche Lebenselement des Körpers sahen[2]). Aber die Lebenseigenschaften seien nicht mit der Struktur

1) Als Vorstudie hierzu kann der „Traité des membranes" angesehen werden, der in unserem Literaturverzeichnis angeführt ist.

2) Vgl. z. B. Sömmerrings oben angeführte Theorie von den Gehirnflüssigkeiten.

identisch, denn diese bliebe ja bestehen, wenn das Leben flieht. Nicht einmal Körperflüssigkeiten blieben nach dem Tode dieselben, und wenn man sie chemisch analysiere, so erhalte man bloß etwas, das der Anatomie der Leiche entspräche. Das Leben bestehe im Gegenteil in gewissen Eigenschaften, die in der toten Natur nicht vorhanden seien, aber den lebenden Geweben zukommen. Hier geht Bichat von Hallers früher angeführten Theorien von der Irritabilität und Sensibilität aus und entwickelt sie weiter unter reichlichen Lobeserhebungen über Haller, der nach seiner Meinung das Leben richtiger aufgefaßt hätte als Stahl. Die Sensibilität ist nach Bichat die charakteristische Eigenschaft des Nervensystems. Das Muskelsystem besitzt nach seiner Meinung eine Eigenschaft, die man Kontraktilität benennt, und die in verschiedenen Organen verschiedenen Charakter trägt, aber nicht zu verwechseln sei mit der Dehnbarkeit, welche die Gewebe unabhängig vom Leben besäßen. Aber außer in diesen Eigenschaften äußere sich das Leben in noch einer bei der unbelebten Natur unbekannten Erscheinung, die man Sympathie nenne, und die sich darin äußere, daß Lebensäußerungen der Organe im kranken und gesunden Zustande einander beeinflussen. Bichat hat sich ernstlich bemüht, diese Lebenserscheinungen durch Experimente an lebenden Organen unter verschiedenen Bedingungen zu studieren. Besonders die Muskelkontraktion hat er zu analysieren versucht und unterscheidet in ihr mehrere Kategorien. Der Muskel tritt nämlich nach seiner Meinung in Tätigkeit 1. durch Impulse, die aus dem Gehirn durch die Nerven kommen, — die normale Kontraktilität, die aufhört, wenn der Nerv durchschnitten wird, 2. durch chemische oder physikalische Einflüsse — die organische und sensible Kontraktilität oder Irritabilität, die aufgehoben wird, wenn z. B. der Muskel durch Opium betäubt wird, 3. durch die Flüssigkeiten, welche die Gefäßsysteme dem Muskel zuführen und durch die deren kleinste Teile ausgedehnt werden, — die passive Kontraktilität oder Tonizität, die mit dem Tode aufhört, und 4. bei Durchschneidung — die allgemeine Kontraktilität der Gewebe, die erst mit der Verwesung schwindet. Es werden zwei Kategorien von Sensibilität unterschieden, die organische, welche in der Fähigkeit besteht, Eindrücke aufzunehmen, und die animale, welche nicht nur Eindrücke empfängt, sondern diese weiter an ein gemeinsames Zentrum befördert und demnach eine höhere Kategorie bildet, als die zuerst genannte.

Der im vorhergehenden oft angeführte Gegensatz zwischen organisch und animal spielt in Bichats Erklärung des Lebens eine große Rolle. Organisch ist das Leben der Pflanzen und das unbewußte Leben der Tiere, animal dagegen sind diejenigen Funktionen der Tiere, die vom Willen des Individuums geleitet werden und um so ausgebildeter sind, je höher das Leben entwickelt ist. Auch in unseren Tagen unterscheidet man ge-

legentlich zwischen animalen Organen, zu denen besonders das Nervensystem und die Bewegungsorgane gerechnet werden, und vegetativen, zu denen man die Organe der Verdauung, Zirkulation, Respiration und Exkretion zählt. Bichat führt jedoch diesen Gegensatz bis ins Absurde aus, wenn er konsequent von den beiden Leben redet, dem animalen und dem organischen, und versichert, die Organe des ersteren seien stets symmetrisch, die des letzteren aber unsymmetrisch, wobei er mit großer Mühe zu beweisen sucht, daß Lungen und Nieren eigentlich unpaar seien. Ebenso sucht er darzulegen, daß die animalen Funktionen immer „harmonisch" seien, die organischen aber „diskordant", womit er meint, es wäre belanglos, ob die eine Lunge mehr oder weniger funktioniere, als die andere, während Ungleichheiten bei den Gesichts- und Gehörorganen ernstliche Störungen hervorriefen. Das Fehlen von Begabung für Musik beruht nach Bichat auf ungleicher Hörkraft der beiden Ohren. Die Geschlechtsorgane rechnet er zu keiner von beiden Kategorien, weil sie der Art und nicht dem Individuum dienen. Von den Seeleneigenschaften gehört der Verstand zum animalen Leben, während die Leidenschaften aus dem organischen hergeleitet werden, aus Störungen in der Verdauung und im Blutkreislauf. Der Staat sei also ein Entwicklungsergebnis nur des animalen Lebens, während die Leidenschaften der Menschheit nur Unglück brachten, wie Revolutionen und Schreckensherrschaft. Bei alledem zeigt Bichat eine Neigung zu Haarspaltereien, die nicht selten bei Personen mit außerordentlicher Begabung für das rein Formale vorkommt. Auch etliche andere von seinen systematischen Einteilungen sind keineswegs glücklich.

Jedenfalls aber muß Bichat wegen des neuen Systems, das er in die anatomische Wissenschaft einführt, zu ihren hervorragendsten Vertretern immerdar gerechnet werden. Der Raum gestattet hier kein näheres Eingehen auf die Einzeldarstellungen der verschiedenen Gewebssysteme, die er in seiner allgemeinen Anatomie gibt, und auch nicht auf seine Anwendung dieser Forschungsresultate auf die Organlehre in seiner beschreibenden Anatomie. Histologie im modernen Sinne enthält sein Werk nicht, was begreiflich ist, da er nichts von mikroskopischen Untersuchungen wissen wollte. Leeuwenhoeks Versuch, die Form und Größe der Muskelfibrille zu bestimmen, fertigt er z. B. etwas mitleidig ab — die wirkliche Natur der Muskelfaser sei eben unbekannt und daran sei nichts zu ändern. Weit mehr interessiert ihn die chemische Zusammensetzung der Gewebe, soweit sie damals ergründet werden konnte, und ihr Verhalten bei Eintrocknung und Mazeration. In erster Linie jedoch beschäftigt ihn die Topographie der Gewebe, während ihr feinerer Bau ihm gleichgültig ist. Vom Bau des Gehirns wußte z. B. Malpighi gewiß mehr als er. Bichats Größe liegt darin, daß er in überzeugender Weise

nachgewiesen hat, daß die Gewebe Grundbestandteile des Körpers und seiner Funktionen seien. Dadurch gab er dem Studium der Lebenserscheinungen eine feste Grundlage, deren Wert man erkennt, wenn man seine Gewebelehre mit den Phantasien über Nervenfluidum und mikroskopischen Lebenseinheiten vergleicht, welche die Werke auch der hervorragendsten Biologen der nächst vorhergehenden Periode darbieten. Auch die von ihm geschaffenen Bezeichnungen Sensibilität und Kontraktilität sind ja in die Terminologie unserer Zeit übergegangen. Freilich muß seine Anschauung von der Anwendung der Physik und Chemie auf biologischem Gebiete einem modernen Leser primitiv erscheinen, aber andererseits hatte er einen genialen Blick für das Wesentliche bei der Unterscheidung lebender von lebloser Materie, der manchem Biologen unserer Zeit fehlt. Seine scharfe Betonung dieses Unterschiedes war sehr berechtigt im Hinblick auf die grob mechanischen Lebenstheorien, die Lamarck und andere aufstellten. Und man kann ihm nicht vorwerfen, daß er seinen Kontraktilitätsbegriff zu metaphysischen und mystischen Spekulationen mißbraucht habe. Seine Denkweise war in der Tat geschult durch das Studium der skeptischen Philosophen des 18. Jahrhunderts, von denen er Condillac und Cabanis anführt, und ihre Kritik bildete ein gutes Gegengewicht gegen die kühnen Ideen, die er bei Stahl und seiner Schule kennen lernte. Bichat verstand es in hohem Grade, das Beste, was er von seinen Vorgängern gelernt, zu behalten und darauf seine eigene einheitliche Forschung zu gründen.

Kapitel XXXII.

Cuviers jüngere Zeitgenossen.

Die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts zeigt im allgemeinen eine lebhafte Entwicklung auf dem Gebiete der Biologie. Die gleichzeitigen, großartigen Fortschritte der Physik und Chemie schufen auch den biologischen Wissenschaften eine Menge neuer Probleme, geographische Forschungsreisen in bis dahin unbekannten Ländern nach dem Beispiel von Humboldt lieferten neues Untersuchungsmaterial, das die Begriffe erweiterte und die Schranken der alten Systematik brach — es braucht bloß an solche Tiere wie das Schnabeltier und die Lungenfische erinnert zu werden, um die Bedeutung solcher Entdeckungen im rechten Lichte zu sehen —, und schließlich vermehrten die großen technischen und ökonomischen Fortschritte das Interesse für das Studium der Natur, welches sich auch auf die Biologie erstreckte. Unter den technischen Erfindungen jener Zeit sei hier in erster Linie der Verbesserung des Mikroskopes gedacht, das allein schon der Menschheit ganze Serien bis dahin unbekannter

Lebensformen offenbarte. Die wirtschaftlichen Fortschritte ermöglichten das Anlegen von Sammlungen, wie man sie sich in älteren Zeiten nicht hatte vorstellen können, und auch die Durchführung kostspieliger Experimente in großem Maßstabe. Durch alle diese Möglichkeiten, die von einer Menge fleißiger Forscher ausgenutzt wurden, erlangte die Biologie von Jahrzehnt zu Jahrzehnt immer glänzendere Resultate und mit ihnen eine stets wachsende allgemein kulturelle Bedeutung trotz des Widerspruches und der mißbilligenden Kritik seitens der idealistischen Philosophen.

Ein Zweig der biologischen Forschung, der sich durch ganz besonders große Fortschritte in dieser Zeit auszeichnete, war die beschreibende und vergleichende Anatomie. Cuvier, der glänzendste Vertreter dieser Wissenschaft, hatte zahlreiche unmittelbare und mittelbare Schüler in verschiedenen Ländern, welche die vielen Anregungen ausführten, die er ihnen gegeben, und außer ihnen wirkten noch viele andere, die durch wertvolle Beiträge die Wissenschaft förderten. Einige der hervorragendsten unter ihnen sollen im folgenden besprochen werden.

Carl Asmund Rudolphi wurde im Jahre 1771 in Stockholm als Sohn deutscher Eltern geboren. Er studierte in Greifswald Medizin und war zuerst dort, dann in Berlin Professor der Anatomie. Er wirkte in Berlin bis zu seinem Tode, der im Jahre 1832 erfolgte. In Berlin gründete er das zoologische Museum, welches jetzt eines der ersten in der Welt ist, und hatte als akademischer Lehrer großen Erfolg. Von seinen Schülern und Freunden wurde er wegen seines wissenschaftlichen Eifers und edlen, fast überempfindsamen Gemütes hoch geschätzt. Er konnte sich nie zu Vivisektionen entschließen und versicherte, daß er um keines Weltruhms willen die Gefühllosigkeit eines Brunner besitzen wollte[1]). Er war streng in der Kritik gegen andere und gegen sich selbst und arbeitete energisch an der Befreiung der Biologie vom naturphilosophischen Mystizismus. Seine Schriften machen daher trotz etlicher Irrtümer einen durchaus exakten Eindruck und wirken moderner, als diejenigen vieler seiner berühmten Zeitgenossen.

Rudolphis Arbeiten betreffen drei verschiedene Gebiete, die Parasitenforschung, die vergleichende Anatomie und die Physiologie. Auf dem zuerst genannten Gebiete ist er bahnbrechend, denn sein Werk „Entozoorum historia naturalis" hat in so wesentlichem Maße die von Pallas begründete Kenntnis der Eingeweidewürmer erweitert, daß alle spätere Forschung von ihm ausging. Es stützt sich auf die Untersuchung einer sehr großen Menge von tierischen Wirten und gibt genaue Berichte über

1) Johann Conrad Brunner (1653—1737), dessen Namen in den bekannten Darmdrüsen verewigt ist, war bekannt geworden durch Pankreasexstirpationen bei lebenden Hunden.

das Aussehen und die Lebensbedingungen der in ihnen vorkommenden Parasiten. Die Anzahl der bekannten Eingeweideparasiten wurde durch diese Arbeit verdreifacht. Obgleich aber schon Pallas glaubte, daß die Parasiten oder ihre Eier von außen in den Wirt kämen, versichert Rudolphi, sie entständen durch krankhafte Prozesse im Inneren des Wirtes. Dieser Irrtum ist um so merkwürdiger, als Rudolphi auf das bestimmteste die Möglichkeit jeder Urzeugung verneint. Unter solchen Verhältnissen mußte natürlich die Entwicklungsgeschichte der Eingeweideparasiten der schwächste Teil seines Werkes werden und bedeutend nachstehen hinter seiner meisterhaften Beschreibung der verschiedenen Formen.

In einer Sammlung kleiner Abhandlungen hat Rudolphi eine Anzahl wertvoller Untersuchungen vergleichend anatomischen Inhalts veröffentlicht. Besonders interessant sind seine vergleichenden mikroskopischen Untersuchungen der Darmzotten bei verschiedenen Wirbeltieren. Er berichtet in dieser Arbeit über eine große Anzahl verschiedener Formen solcher Gebilde und zeigt dabei, daß er sowohl die von Bichat begründete Gewebelehre, als auch die Handhabung des Mikroskopes kennt. Diese Untersuchung verdient daher als eine der ersten auf dem Gebiete der vergleichenden Histologie Beachtung. Ein anderes verdienstvolles Werk ist seine Untersuchung der Gehirnhöhlen, in dem er gegen Sömmerrings oben angeführte Theorie von der Gehirnflüssigkeit als Organ der Seele polemisiert und im Zusammenhang damit gegen die Annahme der Einmündung der Nervenfasern in jene Höhlen. Rudolphi sieht das ganze Gehirn für das Organ der Seele an und betont entgegen allen früheren Versuchen, die Seele zu lokalisieren, daß eine so komplizierte Erscheinung wohl auch ein kompliziertes Organ als Grundlage brauche. Wenig geglückt und schon lange vergessen ist dagegen Rudolphis Versuch einer neuen systematischen Einteilung des Tierreiches in nervenlose, einzelnervige und doppelnervige Tiere. Der Vorschlag wurde schon von den Zeitgenossen verworfen und mußte Cuviers besserem und natürlicherem Einteilungsprinzip Platz machen.

Das bedeutendste Werk von Rudolphi ist jedoch sein „Grundriß der Physiologie“, der ihn bis ins Alter beschäftigte und unbeendet war, als er starb. Hier kommt sein großes, aus eigener Erfahrung und umfassender Literaturkenntnis geschöpftes Wissen am besten zur Geltung, ebenso wie sein kritischer Blick und seine erhabene Denkart. Die Physiologie ist, sagt er, „die Lehre von dem menschlichen Organismus“. Ein Organismus ohne Leben sei undenkbar; wenn das eine entstehe, sei auch das andere dabei. Eine Leiche sei kein Organismus, sondern nur dessen Überreste. Die einleitende Wissenschaft der Physiologie sei also die Anthropologie. In dieser betont Rudolphi, ebenso wie Blumenbach, die Verschiedenheit von Mensch und Affe, meint aber im Gegensatz zu

diesem, daß das Menschengeschlecht in Arten, nicht in Rassen eingeteilt werden sollte. Im Anschluß hieran behauptet er, daß die Menschen nicht von einem Paar abstammen könnten — ein Ausspruch, der in jener Zeit der Reaktion immerhin einen gewissen Mut erforderte. Das darauf folgende anatomische Kapitel ist einer der Glanzpunkte des Werkes. Eine so klare und übersichtliche Darstellung der Zusammensetzung des menschlichen Körpers sucht man bei seinen Zeitgenossen sonst vergebens. Gegenüber der Gewebelehre von Bichat bildet Rudolphis Werk durch seine einfache und übersichtliche Einteilung der Gewebe und seine gesunde Kritik einen großen Fortschritt. Hier gibt es keine phantastischen Lebenstheorien und keine barocken Symmetriespekulationen, sondern wir finden einen klaren und nüchternen Bericht über die verschiedenen Teile des Körpers, der in den meisten Fällen mit der Auffassung in unserer Zeit übereinstimmt. In seiner Auffassung vom Wesen des Lebens schließt sich Rudolphi am ehesten an die Theorie von Reil an, nach der das Leben an die Form und Mischung der Materie gebunden ist, während er Okens und Schellings extravagante Phantasien kräftig zurückweist. Ebenso verwirft er Stahls Theorie von der Seele als Ursache der Phänomene des Körpers: „Das Dasein oder das Hinzutreten eines Geistes oder Seele zum Körper erklärt uns das Leben nicht im geringsten.“ Dagegen legt er großes Gewicht auf die Bedeutung der chemischen Prozesse für die Lebensfunktionen, besonders im Anschluß an Berzelius' Tierchemie, die Rudolphi, der seine Kindheit in Schweden verlebt hatte, im Original lesen konnte. Besonders sorgfältig ist die Beschreibung der Funktionen des Nervensystems und der Sinnesorgane, die zugleich eine scharfe Kritik über alles mystische Geschwätz, das zu seiner Zeit üblich war, über tierischen Magnetismus, Traumdeuterei, Wünschelruten und ähnliches enthält. Bisweilen geht er auch in seiner Kritik zu weit, wenn er nicht nur Galls Lehre vom Zuge der Nerven zur grauen Hirnsubstanz, sondern sogar das Vorkommen sensibler und motorischer Nerven bezweifelt. Wohltuend in jedem Fall wirkt die ernste Ruhe, mit der er die Theorien seiner Zeit behandelt. Der Raum gestattet kein näheres Eingehen auf die Darstellung der Verdauungsorgane, der Atmung und der Muskulatur. Auch diese Organe und ihre Funktionen werden mit derselben Gründlichkeit und Sorgfalt geschildert, wie die vorhergehenden. Das ganze Werk ist in seiner unbeendeten Form ein Beispiel, wie die exakte Forschung schon in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts sich zu Methoden und Ergebnissen durcharbeitete, die als Vorläufer der großen Fortschritte einer kommenden Zeit anzusehen sind.

Gleichzeitig mit Rudolphi wirkte in Deutschland ein Forscher, dem die Wissenschaft bedeutende Beiträge auf dem Gebiete der exakten Biologie verdankt, obgleich er theoretisch auf dem Standpunkt der da-

maligen Naturphilosophie stand. Johann Friedrich Meckel war im Jahre 1781 zu Halle geboren. Sein Vater und Großvater waren daselbst Professoren der Anatomie gewesen und hatten beide mit Eifer und Einsicht die anatomische Sammlung in Halle vermehrt, besonders der Vater, der sogar letztwillig bestimmt hatte, daß sein eigenes Skelett montiert und im Museum aufgestellt werden sollte. Der junge Meckel folgte dem Beispiel seiner Vorfahren. Nachdem er in Halle studiert und promoviert hatte, arbeitete er einige Jahre bei Cuvier und wurde, nachdem er eine Reise durch Europa gemacht hatte, mit 25 Jahren Professor in seiner Vaterstadt, wo er bis zu seinem Tode im Jahre 1833 wirkte. Während seines Lebens übte er als Forscher und Lehrer einen großen Einfluß aus, der zu einem nicht geringen Teil darauf beruhte, daß er die Herausgabe von Reils oben genanntem „Archiv" übernommen hatte, in dem er seine Ideen entwickelte und eine große Anzahl Einzeluntersuchungen veröffentlichte. Diese beschäftigten sich teils mit der beschreibenden und vergleichenden Anatomie, teils sind sie rein spekulativen, naturphilosophischen Inhalts. Auf dem ersteren Gebiete zeigt sich Meckel als ein würdiger Schüler von Cuvier, während er auf dem theoretischem Gebiete augenscheinlich unter dem Einfluß von Geoffroy Saint-Hilaire steht. Der Name „Deutschlands Cuvier", den ihm die Zeitgenossen gaben, entspricht also nur teilweise seinem Standpunkt, und am meisten hat er ihn dadurch verdient, daß er durch Anregung und Beispiel für die Einführung des vergleichend-anatomischen Studiums in Deutschland gewirkt hat, wo es mit der Zeit seine höchste Entwicklung erreichen sollte. Jedenfalls gab es unter seinen Zeitgenossen niemand, außer Cuvier, der so gründlich die Anatomie der höheren und niederen Tierformen beherrschte wie er. Seine wichtigsten Untersuchungen betrafen jedoch die Wirbeltiere.

Unter diesen Einzeluntersuchungen Meckels sind seine anatomischen Monographien über das Schnabeltier und den Kasuar die umfangreichsten. Außerdem hat er bedeutende Beiträge auf mehreren anderen Gebieten der Anatomie geliefert, nämlich über die Entwicklung des Nervensystems und des Darmkanals im Embryonalstadium, über den Bau des Vogelgehirns, über die Darmzotten, auf die näher einzugehen der Raum nicht gestattet. Zum Schluß faßte er im Alter die Ergebnisse seiner Forschungen in einem großen Werk „System der vergleichenden Anatomie" zusammen, das, ebenso wie Rudolphis Physiologie, unbeendet blieb. Der erste Teil dieser Arbeit bildet eine Zusammenfassung von Meckels theoretischen Spekulationen, während die folgenden den Bau einzelner Organe behandeln.

Liest man nach Rudolphis Physiologie Meckels allgemeine Anatomie, so ist der erste Eindruck der eines großen Schrittes rückwärts in

der Geschichte der Biologie, von einer kritischen, fast modernen Darstellungsweise zurück zur romantischen Naturphilosophie. Schon in der Vorrede wird hervorgehoben, daß die „Bildungsgesetze“, die das Tierreich beherrschen, in zwei Hauptprinzipien zusammengefaßt werden können, die „Mannigfaltigkeit“ und die „Einheit“, von denen die letztere auch „Reduktion“ genannt wird. Die Erörterung dieser „Bildungsgesetze“ wird eingeleitet mit einer Betrachtung darüber, daß die Form eines Tieres entweder an und für sich gesehen werden kann und im Hinblick auf die physische Kraft, die ihren Ursprung bildet, oder mit Bezug auf seinen Zweck und die geistige Kraft, die diesem zugrunde liegt. Schon dieses erinnert bedeutend mehr an Schelling als an die Naturwissenschaft unserer Zeit, und die weitere Entwicklung dieser Grundsätze führt zu einer Menge wunderlicher Spekulationen, während man gleichzeitig auf jeder Seite Proben des vielseitigen und gründlichen anatomischen Wissens des Verfassers und seines genialen Kombinationsvermögens antrifft. Unter dem Bildungsgesetz der Mannigfaltigkeit werden alle diejenigen Eigenschaften verstanden, welche die Lebensformen voneinander abgrenzen, und hierzu werden nicht nur diejenigen Merkmale gerechnet, die Arten, Gattungen und höhere Gruppen scheiden, sondern auch Eigenschaften einzelner Organe bei einem und demselben oder verschiedenen Tieren und die Veränderungen in ihnen, die auf Alter, Lebensweise und Erblichkeit beruhen. In diese Rubrik gehört also die beschreibende Anatomie, während das Reduktionsgesetz die vergleichende Anatomie umfaßt, oder, wie Meckel sagt, die Beweise, daß alle Bildungen im Tierreiche Variationen eines einzigen Typus seien. Das ist also dieselbe Idee, die auch Geoffroy und Goethe zu fördern suchten.

Unter der Rubrik des Mannigfaltigkeitsgesetzes wird zuerst die Zusammensetzung des Körpers aus Geweben geschildert — ein Kapitel, worin sich Meckel nicht mit Rudolphi messen kann, was Klarheit und Übersichtlichkeit betrifft. Als Grundsubstanz für alle Teile des Körpers nimmt Meckel eine feste Materie an, die aus kleinen Kugeln besteht, welche in eine Flüssigkeit eingebettet sind. Diese seien deutlich bei niedrig stehenden Tieren und Embryonen höherer Tiere zu erkennen, während bei höheren Tieren die Flüssigkeit koaguliere und außer den Kugeln Fasern, Häute und Gewebe bilde. In dieser Spekulation ist unzweideutig der Einfluß von Caspar Friedrich Wolff zu spüren, den Meckel hoch schätzte und dessen Schriften er ins Deutsche übersetzte. Hinsichtlich des Tiersystems ist Meckels Stellung in gewisser Hinsicht schwankend. Einerseits muß er Cuviers Typen anerkennen, aber andererseits soll doch durch das Ganze die Möglichkeit eines einzigen Urtypus bewiesen werden. Folglich verwirft er den scharfen Unterschied, den sowohl Cuvier als auch Lamarck zwischen Wirbeltieren und Wirbel-

losen machen, und stellt als Übergangsform die Tintenfische hin, in deren Rückenschulpe er die Anlage zu einem Rückgrat sieht. Mit Lamarck glaubt Meckel an eine allgemeine Urzeugung, durch die eine Menge niederer Lebensformen an verschiedenen Stellen der Erde entstehen und dadurch die Zahl der vorhandenen Arten vermehren. In diesem Punkt, wie überhaupt in seiner Auffassung von der Entstehung der Lebensformen nähert sich Meckel Lamarck, dessen er mit Anerkennung erwähnt. Jeder von beiden hat eine „natürliche Schöpfungsgeschichte" verfassen wollen, und man muß gestehen, daß Meckel auf diesem Gebiete es verstanden hat, sowohl aus der Arbeit des Vorgängers als auch aus seinen eigenen gründlichen anatomischen Kenntnissen Nutzen zu ziehen. Meckels Abstammungslehre enthält also viele interessante und für die kommende Zeit bedeutungsvolle Anregungen, daneben aber auch eine Menge von wunderlichen Einfällen und kopflosen Schlußfolgerungen. Was aber besonders Meckels Theorie von Lamarcks und auch von Darwins Theorie unterscheidet, ist seine Annahme vieler Entwicklungsursachen anstatt einer einzigen, dadurch fehlt seiner Darstellung die leichte Verständlichkeit, welche seinen Vorgänger und seinen Nachfolger auszeichnete, und dadurch erklärt sich auch, warum er nicht dieselbe Popularität erlangte wie jene. Hinsichtlich der Entwicklungsursachen legt freilich Meckel, ebenso wie Lamarck, großes Gewicht auf den Einfluß der Gewöhnung und der Lebensverhältnisse, oder, wie er sich ausdrückt, auf die umbildende Wirkung mechanischer Kräfte. Er führt dazu Geschichten an, wie stummelschwänzige Pferde- und Hunderassen dadurch entstanden seien, daß den Eltern dieser Tiere die Schwänze abgeschnitten worden seien. In derselben Weise hätte auch mechanischer Druck im Laufe der Zeiten die vielen Einschnürungen und die verschiedenen Abteilungen des Darmkanals und andere Veränderungen der inneren Organe bewirkt. Ähnliche umgestaltende Kräfte setzt er bei Licht, Wärme und Elektrizität voraus. Namentlich die Elektrolyse von Flüssigkeiten, die damals entdeckt wurde, veranlaßte ihn zu phantastischen Spekulationen über die Einwirkung dieser Kraft auf die Entwicklung der Lebensformen. Aber außerdem beschäftigt sich seine Theorie der Artbildung mit einer ganzen Kategorie von meist unbekannten Phänomenen, die zur Entstehung von Mißbildungen führen, und er führt u. a. auch den alten Volksglauben an, daß Mütter, die sich an einem Gegenstande „versehen", mißgestaltete Kinder bekämen, um auch diesen Umstand als mögliche Ursache der Entstehung neuer Lebensformen gelten zu lassen. Schließlich nennt er die Bastardierung als eine wichtige Ursache zur Entstehung neuer Arten, jenen Faktor in der Lebensentwicklung, der bekanntlich in unseren Tagen besondere Aufmerksamkeit erregt, traut ihm aber geradezu unmögliche Wirkungen zu. So glaubt er z. B. an alte Ge-

schichten von der Kreuzung zwischen Katze und Hase, Hahn und Ente; und daß er den Artreichtum der Insektenklasse auf Bastardbildungen zurückführt, ist unter solchen Umständen nicht weiter zu verwundern und weit verzeihlicher.

Alle bisher angeführten Spekulationen zählt Meckel zum Gebiet des Mannigfaltigkeitsgesetzes. Dem Reduktionsgesetz unterliegen, wie gesagt, die Beweise für die Einheit des Lebenstypus. Hier entwickelt Meckel sein ganzes ausgedehntes anatomisches Wissen im Guten und Bösen — hier entwickelt er seine genialsten Ideen und begeht seine größten Torheiten. Die letzteren sind eine natürliche Folge der falschen Voraussetzungen bezüglich eines einzigen Lebenstypus und einer einzigen Entwicklungsreihe, d. h. derselben unglückseligen Gedankenkonstruktionen, die Lamarck und Geoffroy zu so schweren Irrtümern verleiteten. Und man kann sagen, daß Meckel beide in dem Maße hierin übertrifft, als sein anatomisches Wissen umfassender war. Es lohnt sich kaum, ihm auf diesen Irrfahrten zu folgen, wenn er z. B. die Schalen der Schildkröten mit denen der Insekten oder die Stachel der Katzen- und Schneckenzungen vergleicht, oder wenn er die bei Menschen vorkommenden Doppelmißbildungen, welche man heute siamesische Zwillinge zu nennen pflegt, mit einer Polypenkolonie in Parallele bringt. Lieber verweilt man bei den vielen für die Zukunft bedeutungsvollen Gedanken, die er hier ausspricht. Unter diesen in unserer Zeit allgemein angenommenen Ideen seien genannt seine Ableitung der Lungen der Landsäugetiere von der Schwimmblase der Fische, sein Vergleich der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane und ihre Ableitung aus einem indifferenten Embryonalstadium, sein Vergleich der Segmentierung bei Würmern und Gliedertieren mit der Metamerie der Wirbeltiere und vor allen Dingen seine Vorwegnahme von Haeckels biogenetischem Grundgesetz, indem er die Behauptung aufstellt, daß jedes höhere Tier in seiner embryonalen Entwicklung dieselben Formen durchläuft, welche die in der Entwicklungsreihe niedriger stehenden im ausgebildeten Zustande besitzen. Diese Theorie von der Entwicklung des einzelnen Organismus nach denselben Gesetzen, wie die ganze Tierreihe stützt er durch eine Menge zum Teil sehr wenig begründeter Behauptungen, wie z. B. daß die Leber des Menschen ein Krebs- und Molluskenstadium durchzumachen habe, aber auch durch Gründe, die von den Verteidigern der Theorie in unserer Zeit angenommen worden sind. Diese Theorie, welche schon von Rudolphi kräftig zurückgewiesen wurde, ist ja in unseren Tagen viel umstritten worden, hat aber in jedem Fall sehr anregend auf die Forschung gewirkt, und ihre ferneren Schicksale werden hernach noch besprochen werden.

Die theoretische Anschauung, welche Meckel demnach ausgebildet hat, wendet er im einzelnen im speziellen Teile seiner Arbeit an, wo er

mit einem bis dahin unerreichten, vielseitigen und dabei gründlichen Wissen über den Bau der verschiedenen Organsysteme im ganzen Tierreiche berichtet. Besonders gründlich behandelt und beschreibt er das Knochengerüst der Wirbeltiere, wobei namentlich die Knochen der Fische mit großer Ausführlichkeit und Darstellung neu entdeckter Einzelheiten geschildert werden. Auch die Muskulatur, der Verdauungskanal, das Atmungs- und Zirkulationssystem werden genau beschrieben. Durch diese gründliche Kenntnis der Einzelheiten hat Meckel in bedeutendem Maße auf den Gang der Entwicklung der biologischen Wissenschaft eingewirkt. Aber auch seine allgemeine Auffassung von den Lebenserscheinungen hat tiefe Spuren hinterlassen. Seine Entwicklungstheorie verdient derjenigen von Lamarck an die Seite gestellt zu werden, und während der eifrigen Suche nach „Prädarwinisten" in der Zeit der Blüte des Darwinismus hätte jedenfalls er genannt werden müssen und nicht Goethe, der nie die Artenfrage erörtert hat. Und ohne Zweifel hat er einen großen Einfluß auf die spätere biologische Forschung in Deutschland gehabt. Schon ein solches Wort, wie „Bildungsgesetz", klingt dem ganz bekannt, der z. B. Haeckels Arbeiten studiert hat, wo man so oft das Wort „Gesetz" an Stelle von „Hypothese" findet. Und sicher ist seine Neigung für kühne Vergleiche und Ableitungen nicht ohne Einfluß auf die Schule der Gegenwart gewesen, welche die Herleitung von Organen höherer Tiere aus entsprechenden niedriger entwickelten Formen zum Ziele gehabt haben. Diese morphogenetische Schule hat in bedeutendem Grade Meckels Ideen aufgenommen, obschon mit einem höheren Maß von Kritik, und so erscheint Meckel, der in so hohem Grade die romantische Naturphilosophie vertritt, als Vermittler zwischen dieser und einer Forschung, die einen Gegenbaur zu ihren leitenden Männern zählt.

Während also in Deutschland die exakte Methode in der Biologie sich nur allmählich aus der Verbindung mit der Naturphilosophie löste, siegte sie in Frankreich ohne größere Schwierigkeit über die spekulativere Richtung der Naturforschung, die von Lamarck und Geoffroy vertreten wurde. Cuvier und Bichat gaben hier mit ihren bahnbrechenden Werken die Richtung an, welche von den Forschern der nachfolgenden Epoche ziemlich allgemein eingehalten wurde. Frankreich erhielt also dank jenen führenden Geistern vor allen anderen europäischen Ländern eine von romantisch-spekulativen Beimengungen freie Wissenschaft von den Lebenserscheinungen, die aber andererseits mit der Zeit äußerst konservativ wurde, so daß, als die Abstammungslehre in Aufnahme kam, sich die französische Forschung abweisender als jede andere verhielt. Unter den französischen Biologen am Anfang des 18. Jahrhunderts waren einige, die eine rein experimentelle Methode anwendeten. Diese sollen im folgenden behandelt werden. Als direkter Schüler von

Cuvier und Bichat verdient dagegen hier Blainville erwähnt zu werden, der lange und mit Erfolg die vergleichende Anatomie förderte.

Henri Marie Ducrotay de Blainville wurde 1777 zu Arques in der Normandie in einer adligen Familie geboren. Erzogen in einer Klosterschule, begab er sich, als diese während der Revolution geschlossen wurde, nach Paris, wo er sich der Malerei widmete, jedoch, wie es scheint, mit wenig Fleiß und Erfolg. Ein reiner Zufall, eine Vorlesung von Cuvier, die er zufällig hörte, weckte sein Interesse für die Biologie, und er wurde im Alter von fast 30 Jahren Cuviers Schüler. Durch dessen Empfehlung erhielt er bald eine Assistentenstelle und wurde, nachdem er einige andere Ämter bekleidet, der Nachfolger seines Lehrers. Schon lange vorher aber hatte sich das Verhältnis zwischen beiden gelöst, denn das heftige und ungezügelte Gemüt des Schülers vertrug sich nicht mit der bedächtigen Ruhe des Lehrers. Als Lehrer war Blainville jedoch vorzüglich und sammelte zahlreiche Schüler um sich. Er widmete sich mit unermüdlichem Eifer seinem Lehr- und Forscherberuf bis in sein hohes Alter. Er starb im Jahre 1850.

Blainville war ein Biologe mit vielseitigen Interessen. Unter seinen Werken verdient genannt zu werden ein „Manuel d'actinologie et de zoophytologie", in welchem er die Ergebnisse seiner sorgfältigen Untersuchungen der niedersten Tierformen mitteilt, und eine „Osteographie", die sich würdig an Cuviers Untersuchungen über lebende und fossile Wirbeltiere anschließt. Seine theoretische Auffassung der Biologie hat er in drei Arbeiten dargelegt: „De l'organisation des animaux", „Cours de physiologie" und „Histoire des sciences de l'organisme". In diesen gibt er eine originelle und für die Zukunft bedeutungsvolle Auffassung von den Lebenserscheinungen. Die erste dieser drei Arbeiten beginnt mit einem Überblick über die Ziele und Mittel der vergleichenden Anatomie. Zuerst wird über die Tier- und Pflanzenchemie berichtet, wobei merkwürdigerweise der anerkannte Gegensatz zwischen dem Ernährungsvorgang der Pflanzen und Tiere angezweifelt wird. Darauf wird das Tier gekennzeichnet als eine „Kombination gewisser Organe, die gewisse Kräfte erzeugen, darunter eine Verdauungs- und eine Fortbewegungskraft, die eine bestimmte Form annimmt und in bestimmter Weise auf die äußere Umgebung einwirkt". Als Methoden, den Bau des Tieres kennen zu lernen, werden angeführt die Beobachtung, das Experiment und die logische Denkmethode. Darauf werden einige Vorgänger auf diesem Gebiete genannt, unter denen man aber vergebens nach dem Namen Cuvier sucht — ein bezeichnender Zug von Verbitterung des Schülers gegen den Lehrer. Weiterhin folgt ein Bericht über den Bau des Tierkörpers, der einen Glanzpunkt des Werkes ausmacht. Hier wird mit einer Bestimmtheit, wie noch nie zuvor, das Zellgewebe als die Grundsubstanz des Tierorganismus

bezeichnet, ein Element, das am frühesten gebildet wird und aus dem sich alle Organe entwickeln. Von diesem Gewebe wird gesagt, daß es das hauptsächliche und verbreitetste Element des Tierkörpers sei, und daß es aus dünnen Häutchen bestehe, die einander durchkreuzten, so daß bläschenförmige Zwischenräume entständen. Als Modifikationen dieses Gewebes werden genannt die Haut, die Schleimhäute, Bindegewebe, Knochen, Gefäßsysteme und schließlich als kompliziertestе die Muskeln und Nerven. Vom modernen Standpunkt aus ist ja Blainvilles Auffassung des Zellgewebes als Grundlage des Tierkörpers recht unvollkommen, aber im Vergleich mit den Zellgewebstheorien früherer Forscher, wie Caspar Friedrich Wolff und Bichat, bezeichnet sie unzweifelhaft einen Fortschritt. Sie ist ein Beispiel unter vielen, wie das Wissen auf einem Gebiete gleichsam tappend von Generation zu Generation vorwärts schreitet, bis schließlich das entscheidende Wort fällt. — Hinsichtlich der Gewebe und ihrer Rolle bei der Entstehung der Organe schließt sich Blainville übrigens nahe zu der Auffassung von Bichat an, und ebenso nimmt er dessen Theorie vom organischen und animalen Leben an, wendet sie jedoch mit mehr Mäßigung an, als ihr Urheber. Im übrigen betrachtet er den lebenden Körper als eine Art chemischer Werkstatt, wo beständig neue Moleküle zugeführt und alte entfernt werden, wo die Kombinationen niemals fixiert sind, sondern sich sozusagen stets „in nisu" befinden, was stete Bewegung und Wärme zur Folge hat. Diese Auffassung vom Leben ist ja durchaus nicht vitalistisch, aber dennoch betont Blainville im folgenden den Gegensatz zwischen „allgemeinen" und „vitalen" Kräften, die zwar alle ihrer wirklichen Natur nach unbekannt, von denen aber die ersteren meßbarer sind als die letzteren. Beide Arten wirken im lebenden Körper, und die Intensität des Lebens beruht auf dem Überwiegen der Lebenskräfte über den allgemeinen Kräften. Auf diesem Gebiete merkt man also bei Blainville ein gewisses Schwanken zwischen verschiedenen Grundsätzen, und im allgemeinen hat man ihn zu den Vitalisten gerechnet. Die beiden hervorragendsten Eigenschaften des Lebens sind nach seiner Meinung „composition" und „décomposition". Zur ersteren zählt er die Ernährung, zur letzteren nicht nur die Exkretion, sondern auch die Fortpflanzung. Zu den Ernährungsorganen werden auch die Bewegungsorgane und im allgemeinen alles gerechnet, was die äußere Körperform betrifft, der Blainville eine grundlegende Bedeutung für alles Wissen bezüglich des Tierlebens zuschreibt. Sein System beruht ganz und gar hierauf und hat daher einen recht künstlichen Charakter. Dennoch hat es auch seine bedeutenden Vorzüge, namentlich weil hier zum erstenmal ausdrücklich eine Grenze zwischen Amphibien und Reptilien gezogen wird, welche die spätere Forschung bestätigt hat. Für seine Einzeldarstellungen in der vergleichenden Anatomie zieht Blainville es

vor, von den höheren Formen zu den niederen hinabzusteigen, und begründet diese Anordnung in einer an Lamarcks Degradationstheorie erinnernden Weise. Auch sonst steht seine Behandlung der vergleichenden Anatomie auf dem Boden einer theoretischen Spekulation, die besonders die Anordnung des Stoffes in hohem Grade gekünstelt erscheinen läßt, doch würde ein weiteres Eingehen auf diese Fragen hier zu weit führen. Ohne Zweifel enthält Blainvilles Werk außer etlichen Verschrobenheiten eine Menge sehr wertvoller Anregungen sowohl im einzelnen als auch in den großen Zügen. Von den letzteren mag hier angeführt werden, daß er auf die embryonalen Entwicklungsstadien als Ausgangspunkt für den Vergleich zwischen den verschiedenen Tierformen aufmerksam machte — ein Prinzip, das bekanntlich später von grundlegender Bedeutung für die vergleichende Anatomie wurde. Daß es dazu kam, verdankt die Wissenschaft einer Anzahl Arbeiten auf dem Gebiete der Embryologie, die gerade in der hier besprochenen Zeit ausgeführt wurden. Diesem Gebiet wenden wir uns jetzt zu.

Kapitel XXXIII.

Fortschritte in der Embryologie.

Die wichtigsten Züge aus der älteren Geschichte der Embryologie sind bereits in früheren Kapiteln dieses Buches besprochen worden: daß schon Hippokrates die Entwicklung des Hühnereies beobachtet, daß Aristoteles die Embryologie verschiedener Tiere studiert hat, und daß Fabrizio, Harvey, Malpighi und C. F. Wolff jeder in seiner Weise wertvolle Beiträge zur Keimentwicklung, besonders im Hühnerei, das stets das am leichtesten erhältliche Untersuchungsmaterial blieb, aber auch bei einer Anzahl anderer Tiere, in erster Linie natürlich bei Säugetieren, lieferten. Diese Untersuchungen wurden natürlich durch Spekulationen über den Verlauf der Entwicklung, die einander in den verschiedenen Zeiten ablösten, sehr stark beeinflußt. In dieser Hinsicht wirkte die eine zeitlang herrschende Präformationslehre höchst unvorteilhaft, da ihre Verfechter aus naheliegenden Gründen sich nicht viel mit praktischen Beobachtungen über die Embryonalentwicklung befaßten, denn da alles fertig vorgebildet war, bedurfte es ja keiner Beobachtungen. Dadurch erklärt sich die Unfruchtbarkeit des 18. Jahrhunderts, als die Präformationslehre herrschte, in bezug auf embryologische Beobachtungen. Anstatt solche vorzunehmen, verschwendeten die Gelehrten ihre Zeit auf zwecklose Spekulationen und Auseinandersetzungen zwischen Ovisten und Animalkulisten. Den höchsten Grad von Absurdität erreichten freilich einige von den letztgenannten, die in den Spermatozoen

die wirklichen Träger der Fortpflanzung sahen und folglich unter dem Mikroskop in jeder menschlichen Spermie mit Hilfe ihrer Phantasie einen fertigen, ganzen Miniaturmenschen mit allen Gliedern erblickten. Erst am Ende des 18. Jahrhunderts erlebte die Embryologie einen Aufschwung. Den Anfang machte C. F. Wolff mit seiner freilich übertriebenen Epigenesistheorie und seinen auf sie gestützten embryologischen Beobachtungen. Auch Cuvier, der sich für alle biologischen Fragen interessierte, lieferte auf diesem Gebiete einige wichtige Beiträge. Blainville haben wir im vorigen Kapitel als Förderer der embryologischen Forschung kennen gelernt, aber doch sind es in erster Linie wieder einige deutsche Forscher, denen die Wissenschaft ihre bedeutendsten Fortschritte in dieser Richtung verdankt, Fortschritte, die in der Tat eine wesentlich neue Anschauungsweise der Lebenserscheinungen einleiteten. Wie es in der Geschichte der Wissenschaft oft mit ergebnisreichen Problemen gegangen ist, so wurde auch dieses von mehreren Forschern gleichzeitig in Angriff genommen, deren jeder seinen Beitrag zur Lösung lieferte. Im folgenden werden unter ihnen geschildert werden Pander, der die Keimschichten des Hühnerembryos untersuchte, Rathke, der die Kiemenöffnungen und den zu ihnen gehörenden Blutkreislauf entdeckte, und in einer anderen Beziehung Purkinje, der das Keimbläschen im Hühnerei entdeckte. Der erste Platz aber unter den Schöpfern der modernen Embryologie gebührt von Baer, einem der großen Forscher des 19. Jahrhunderts.

Karl Ernst von Baer Edler von Huthorn stammte aus einem deutschbaltischen Adelsgeschlecht und wurde im Jahre 1792 auf dem Familiengute Piep in Estland geboren. Nachdem er die Domschule in Reval beendet hatte, ging er nach Dorpat, um auf der vor kurzem wiedereröffneten Universität Medizin zu studieren. Er setzte seine Studien in Wien fort, fand aber, daß er sich nicht zum Arzte eignete, und begab sich nach Würzburg, um sich für eine gelehrte Laufbahn vorzubereiten. An dieser Universität wirkte zu jener Zeit als der Anatom Ignaz Döllinger (1770—1841), ein Schüler von Schelling, der mit seines Meisters Neigung für naturphilosophische Spekulationen gründliche Kenntnisse in der Anatomie verband und sich mit seinen Schülern besonders für entwicklungsgeschichtliche Fragen interessierte. Hier wurde von Baers Forschung in die Richtung geleitet, in der er zu seiner Zeit allen voraus war. Nach beendigtem Studium erhielt er eine Professur in Königsberg und führte hier seine besten Untersuchungen aus. Im Jahre 1834 nahm er einen Ruf an die Akademie der Wissenschaften in Petersburg an. In dieser Stellung entwickelte er eine glänzende Tätigkeit und erhielt dementsprechend hohe Auszeichnungen, aber die wissenschaftlichen Arbeiten seiner späteren Jahre haben doch nicht die Bedeutung, wie die aus der Jugendzeit. Das beruht hauptsächlich darauf, daß er seine Kraft in

hohem Grade zersplitterte, indem er im Auftrage der Regierung viele Reisen in verschiedenen Teilen des russischen Reiches unternahm und dabei zu einer Menge verschiedener Fragen in der Anthropologie, Ethnographie, Archäologie und sogar in der Sprachwissenschaft Stellung nahm. Seinen Abschied nahm er 1867, um den Rest seines Lebens in Dorpat zu verbringen, wo er im Jahre 1876 starb. Von seinen deutschbaltischen Heimatsgenossen wurde er auf verschiedene Weise geehrt, u. a. bestritt die estländische Ritterschaft die Kosten einer stattlichen Selbstbiographie, die von Baer im Alter schrieb, und auf dem Domberge zu Dorpat steht seit 1892 sein Standbild in Bronze.

Seine größte Berühmtheit hat sich von Baer zweifellos durch die embryologischen Arbeiten aus seiner Jugendzeit erworben, deren Ergebnisse er in einem Hefte unter dem Titel „De ovi mammalium genesi“ im Jahre 1827 und in einem größeren Werke „Über die Entwicklungsgeschichte der Tiere“ (1828—1837) veröffentlichte. In der erstgenannten Abhandlung schildert er die wichtigste seiner Entdeckungen auf diesem Gebiete, die des Säugetiereies im Eierstock. Abgesehen von den unklaren Ideen früherer Forscher, war de Graaf, wie wir gesehen haben, der erste, welcher in gewisser Hinsicht die Vorgänge bei der frühesten Entwicklung der Säugetiere klarlegte. Er beschrieb die nach ihm benannten Follikel im Ovarium, die er für Eier hielt, und als er später im Uterus von Kaninchen weiter entwickelte Eier fand, meinte er, daß sie aus dem Ovarium hierher an den Ort ihrer weiteren Entwicklung übergeführt wären. Die schwierige Frage jedoch, warum die weiter entwickelten Eier im Uterus kleiner wären, als die Follikel, konnte er nicht lösen. Außerdem waren die Follikel recht veränderlich, und Haller, der die Verhältnisse genau untersuchte, nahm daher an, daß sich das Ei aus der Follikelflüssigkeit durch Gerinnung bilde. Durch ein genaues Studium der Eientwicklung bei Hunden lernte von Baer zuerst die späteren Stadien kennen und forschte darauf rückwärts nach ihrem Ursprung, indem er eine Reihe von Tieren in Abständen bis zum Befruchtungsstadium untersuchte. Auf diese Weise fand er das Ei als ein kleines dotterhaltiges Bläschen innerhalb des Follikels und konnte von da ab seine fortschreitende Entwicklung verfolgen.

Neben diesen Studien über die Embryologie der Säugetiere untersuchte auch von Baer das alte klassische Objekt für entwicklungsgeschichtliche Studien, das Hühnerei. Er verfolgte seine Entwicklung mit der größten Sorgfalt und veröffentlichte die Ergebnisse im ersten Teile seines oben genannten Werkes „Über die Entwicklungsgeschichte der Tiere“, das außerdem eine Zusammenfassung alles damaligen Wissens auf diesem Gebiete enthält und schon aus diesem Grunde eine grundlegende Arbeit wurde, von der alle spätere Forschung ausgehen mußte. Der zweite Teil der Arbeit ist eine Übersicht über die Embryonalentwick-

lung sämtlicher Wirbeltiere. Durch dieses Werk hat von Baer die moderne Embryologie geschaffen, nicht nur als selbständiges Forschungsgebiet, sondern auch als einen wichtigen Teil der vergleichenden Anatomie und als ein Mittel zur Ergründung der Verwandtschaft zwischen verschiedenen Tierformen. Beim Hühnerembryo entdeckte von Baer die Rückensaite, die er als solche durch den Vergleich mit der Chorda der Knorpelfische identifizierte, und stellte außerdem Rathkes Entdeckung der Kiemenspalten und Kiemenbogen beim Embryo in das rechte Licht. Ferner gelang es ihm, den Verlauf der Amnionbildung zu erklären, eine Entdeckung, die der vorhergehenden vergleichbar ist, und er gibt ein übersichtliches Bild von der Entwicklung des Urogenitalapparates, der Lungen, des Verdauungskanales und des Nervensystems. Zum Schluß stellt er auf Grund seiner sachlichen Darstellung eine allgemeine Entwicklungstheorie auf, die freilich eine Menge naturphilosophischer Begriffe enthält, aber andererseits eine klare Übersicht über den inneren Zusammenhang der Entwicklungsstadien gibt und bei weitem alle früheren theoretischen Darlegungen übertrifft, wenn sie auch noch nicht modern genannt werden kann, da ihr die Rolle der Zellen bei der Entstehung eines Organismus fremd ist. Der Befruchtungsvorgang ist also durch eine unklare Hypothese ersetzt, in der die Idee vom Wachstum über das Maß des Individuums hinaus eine wesentliche Rolle spielt: „Zuerst wird die Möglichkeit eines neuen Tieres durch unmittelbares Wachstum des mütterlichen Körpers gegeben. Es bleibt aber nur Teil. Durch die Befruchtung wird aus dem Teile ein Ganzes.“ Diese Befruchtungsdefinition ist ja reine Metaphysik, die sich in diesem Fall nahe an Aristoteles anschließt. Gegenüber der einseitigen Epigenesistheorie von Wolff hebt von Baer hervor, daß im Ei gelegentlich keine Neubildung stattfindet, sondern nur Umbildung im Sinne immer größerer Spezialisierung. Auch diese Theorie steht auf rein spekulativem Boden, insofern als die Idee der zeugenden Tierform die Entwicklung des Keimes beherrscht, aber sie führt jedenfalls zu einem Ergebnis, das auch in unserer Zeit Billigung findet. Über Meckels Theorie, daß höhere Tiere im Embryonalstadium die Formen niederer Tiere durchlaufen, urteilt von Baer außerordentlich treffend, indem er hervorhebt, daß es in Wirklichkeit keine niederen Tiere gäbe, die den Entwicklungsstadien höherer Tiere glichen, aber ein Embryo eines höheren Tieres und der eines niederen seien einander ähnlicher als die entsprechenden ausgebildeten Formen. Die Gewebe des Embryos seien weniger differenziert als die des Erwachsenen und glichen deshalb mehr den Geweben niederer Tiere, aber ein Fischembryo sei und bleibe in jedem Fall von Anfang an ein Fisch, wie jeder Wirbeltierembryo von Anfang an ein Wirbeltier sei. Da nun die Entwicklung eine Differenzierung bedeute, gelte der Grundsatz, daß, je verschiedener zwei Tier-

formen seien, man um so weiter zurück in der Entwicklungsgeschichte eine Übereinstimmung finde. Die gemeinsame Urform aller Tiere sei die einfache Bläschenform, die Form des Eies und des ersten Embryonalstadiums. Von diesen Betrachtungen ausgehend, weist von Baer nachdrücklich die Bonnet-Lamarcksche Theorie von einer einheitlichen Entwicklungsleiter im Tierreiche zurück und schließt sich dagegen der Typentheorie von Cuvier an, die er weiter entwickelt, indem er hervorhebt, daß eine Tierreihe hinsichtlich der Entwicklung eines Organes fortschreitend sein könne, während ein anderes Organ in derselben Reihe zurückgebildet werde, und daß ein Tier eines niederen Typus eine viel höhere Entwicklungsstufe erreichen könne als eine andere Form, die einem höheren Typus angehörend, sich weniger hoch entwickele. Als Beispiele werden hinsichtlich der Entwicklung des Intellekts einerseits die Bienen, andererseits die Fische angeführt. Es müsse eben darum jedes Organ nicht nur nach seiner definitiven Form, sondern auch im Hinblick auf seine Entwicklungsgeschichte beurteilt werden. Die verschiedenen Tiertypen besäßen oft Organe mit der gleichen Funktion, aber ganz verschiedener Herkunft. Er verspricht sich von einer vergleichenden Untersuchung der verschiedenen Organe im Tierreiche in diesem Sinne eine große Förderung der biologischen Wissenschaft in der Zukunft, was ja auch eingetreten ist.

Zugleich mit diesen Zukunftsideen und oft auf eigentümliche Weise mit ihnen verflochten findet sich bei von Baer eine Menge von Ideen deutlich naturphilosophischen Ursprungs, welche in unserer Zeit höchst bizarr erscheinen, aber dennoch sicher von Einfluß auf die biologischen Spekulationen späterer Zeit gewesen sind. Einen Teil von ihnen hat er von den Naturphilosophen seiner Zeit übernommen, z. B. von Oken die Theorie von der Zusammensetzung des Schädels aus Wirbeln und die Auffassung der Kiefer als Rippen. Andere hat er sicher selbst konstruiert, wie z. B. die Theorie von der Zusammensetzung der Wirbeltiere aus einer Anzahl von ineinander gelegenen Rohren von 8förmigem Querschnitt. Den Gipfel des Schellingianismus erreicht er aber in seinem Schema, in dem die drei ineinander gelegenen Rohre in je einen positiven und einen negativen Teil zerfallen. Die Oberhaut, die Muskeln und die Nervenscheiden erhalten demnach das Zeichen „plus", die Lederhaut, die Knochen und die Nervenfasern dagegen das Zeichen „minus". Merkwürdigerweise treffen wir ähnliche Phantasien bei vielen hervorragenden Biologen jener Zeit an, von denen einige bereits angeführt wurden, andere im folgenden erwähnt werden. Es wäre jedoch völlig verkehrt, diese Zugeständnisse an die Schwächen des Zeitgeschmackes für mehr zu halten als sie waren. Sie sind gewiß kulturhistorisch bezeichnend, aber ihre Bedeutung darf weder mit Hinsicht auf die Tätigkeit der genannten Forscher, noch aus

Rücksicht auf ihre Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaft im allgemeinen übertrieben werden.

Neben von Baer nimmt Martin Heinrich Rathke eine hervorragende Stellung unter den bahnbrechenden Embryologen ein. Geboren im Jahre 1793 zu Danzig in einem wohlhabenden bürgerlichen Heim, studierte er in Göttingen bei Blumenbach, war eine zeitlang als praktischer Arzt in seiner Vaterstadt tätig, wurde im Jahre 1829 als Professor der Physiologie nach Dorpat berufen und von dort als von Baers Nachfolger nach Königsberg, wo er bis zu seinem Tode im Jahre 1860 wirkte. Persönlich liebenswürdig, eifrig für seine Wissenschaft wirkend, stets bestrebt, durch Forschungen im Laboratorium und auf Reisen sein Wissen zu vermehren, war er bei Kollegen und Schülern allgemein beliebt.

Rathkes Tätigkeit als Biologe war vielseitig und bedeutungsvoll. Eine seiner ersten Arbeiten war ein Aufsatz in einer Zeitschrift über die Entwicklung des Atemorganes bei Vögeln und Säugetieren, welches sich im Werte mit von Baers oben angeführten embryologischen Schriften messen kann. Es wurde schon hervorgehoben, daß Rathke die Kiemenspalten bei Vogel- und Säugetierembryonen und die zu ihnen führenden Blutgefäße entdeckt hat. Er vergleicht sie auch mit denen der Fische und verfolgt ihre weitere Entwicklung, sieht, wie die Kiemenspalten verschwinden und die Blutgefäße sich den Lungen anpassen, die als Ausstülpungen des vorderen Teiles des Verdauungskanales entstehen. Auch die Entwicklung der Luftsäcke der Vögel und ihr Kehlkopf sowie derjenige der Säugetiere wird von ihm beschrieben und verglichen. In einer anderen Arbeit beschreibt er die von ihm entdeckten und benannten Wolffschen Körper, welche er als „Urnieren" charakterisiert, die eine zeitlang die Funktion von Exkretionsorganen versehen, um hernach zu verschwinden, indem sie den sich entwickelnden wirklichen Nieren Platz machen, oder aber bei gewissen Tieren in den Dienst der Geschlechtsorgane treten. Hinsichtlich der theoretischen Auffassung dieser Verhältnisse schließt sich Rathke ohne Vorbehalt der Theorie Meckels an, daß die höheren Tierformen im Embryonalleben die Formen niederer Tiere durchlaufen. Eine selbständigere Theorie entwickelt er in seiner Abhandlung „Über die rückschreitende Metamorphose der Tiere", in welcher er die Ergebnisse darlegt, zu denen er bei seinen embryologischen Forschungen gelangt. Wenn auch mit schwer faßlichen Begriffsabstraktionen belastet, gibt dieser Aufsatz doch eine für die damalige Zeit bahnbrechende Darstellung einer bis dahin wenig beachteten Erscheinung im Tierleben. Die Bezeichnung „rückschreitende Metamorphose" ist für jene Zeit charakteristisch; Rathke verwahrt sich vorsichtigerweise gegen eine Verwechslung seines Metamorphosenbegriffes mit dem Goethes, denn in der hier vorliegenden Form ist damit die regressive Entwicklung gemeint, die ge-

wisse Organe in der embryonalen und postembryonalen Entwicklung erleiden, und die mit ihrem völligen Verschwinden, oder mit der Hinterlassung von Rudimenten endet. Beispiele für Erscheinungen dieser Art führt Rathke aus dem ganzen Tierreiche an, besonders aber bei den Wirbeltieren, z. B. Kiemen und Schwanz der Froschlarven, die Wolffschen Organe u. a. Er bemerkt, daß solche Organe entweder aufgelöst und resorbiert, oder abgestoßen werden und abfallen. Letzteres geschehe, wenn sie verhornen und frei von Blutgefäßen seien, während die Resorption erfolge, wenn sie mit Blutgefäßen versehen wären, die ihre Substanz aufnehmen und dem Körper wieder zuführen könnten. Und stets pflege, meint er, ein solches Verschwinden eines Organs das Entstehen eines anderen zur Folge zu haben, das seinen Platz einnehme, wie die Lungen nach dem Verschwinden der Kiemen bei den Fröschen, oder die Nieren, welche bei Vogel- und Säugetierembryonen die Wolffschen Körper ersetzen. Nur eine ganz und gar veränderte Lebensweise in einem vorgeschrittenerem Stadium könne den völligen Verlust früher vorhanden gewesener Organe herbeiführen, wie z. B. bei den parasitischen Krebstieren. Daß Rathke hiermit eines der wichtigsten Probleme der modernen Biologie beleuchtet, ist ohne weiteres klar.

Rathkes Wirken beschränkte sich jedoch nicht nur auf die Embryologie. Er muß auch zu denen gerechnet werden, die der biologischen Forschung das große Gebiet erschlossen, das die Meere darbieten. Cuvier war ja der erste Forscher der Neuzeit, der die Blicke der Wissenschaft nach dieser Richtung lenkte. Rathke, der in einer Seestadt geboren und aufgewachsen war und der u. a. auf seinen Reisen in Skandinavien noch mehr Interesse für dieses Forschungsgebiet gewonnen hatte, trug in hohem Grade dazu bei, die Aufmerksamkeit seiner Landsleute darauf zu lenken. Unter seinen Werken auf diesem Gebiete erwähnen wir hier seine genaue Beschreibung des Lanzettfischchens, dieses in unserer Zeit so viel studierten, äußerst primitiven Wirbeltieres, das kurz vorher noch für einen Wurm oder ein Weichtier gehalten wurde. Rathkes Monographie war die erste ausführliche und mit derselben Gründlichkeit wie seine embryologischen Untersuchungen durchgeführte Beschreibung dieses Tieres. Mehrere Monographien über Krebstiere, freilebende und parasitische, über Mollusken und Würmer und einige Monographien über Wirbeltiere gehören zum Verzeichnis seiner reichhaltigen und wertvollen Schriften.

Der dritte unter den Bahnbrechern auf dem Gebiete der Embryologie war Heinrich Christian Pander (1794—1865). Geboren in Riga als Sohn eines reichen, baltisch-deutschen Bankdirektors, konnte er sich ungestört der wissenschaftlichen Tätigkeit hingeben, die ihn von Jugend auf interessiert hatte. Er studierte in Dorpat, Berlin und Göttingen

und nach seiner Bekanntschaft mit von Baer mit diesem zusammen in Würzburg. Dort führte er seine bahnbrechenden Arbeiten über die Entwicklung des Hühnerembryos aus, die er dank seinem Reichtum in besonders prächtiger Ausstattung veröffentlichen konnte. Im Jahre 1826 wurde er zum Mitgliede der Akademie der Wissenschaften in Petersburg gewählt, nahm aber schon im folgenden Jahre seinen Abschied und lebte seitdem als Gutsbesitzer in der Nähe von Riga; 1842 nahm er eine Stellung im russischen Bergamte an und veröffentlichte hernach nur noch geologische Arbeiten.

Panders oben genannte Werke über die Entwicklung des Hühnereies, die schon im Jahre 1817 veröffentlicht wurden, waren, wie gesagt, die Ergebnisse einer Arbeit, die unter Döllingers Leitung und in von Baers Gesellschaft ausgeführt wurde. Sie bilden also in gewisser Hinsicht die Grundlage, auf der letzterer weiter arbeitete, obschon ohne Zweifel der jüngere Freund schon während der Arbeit vom älteren beeinflußt wurde. Als Panders größtes Verdienst mag hervorgehoben werden, daß er, ausgehend von Malpighis und C. F. Wolffs Vorarbeiten, die verschiedenen Schichten, aus denen sich die Organe des Hühnerembryos aufbauen, voneinander unterschied. Die Schichten, die er im Anschluß an Wolff „Blätter" nennt — eine Erinnerung an die Versuche des letzteren, Pflanzen und Tiere anatomisch miteinander zu vergleichen — wurden hernach von von Baer weiter bearbeitet und haben seitdem die Grundlage der modernen Biologie gebildet. In der Darstellung der weiteren Entwicklung des Embryo konnte sich Pander jedoch nicht mit seinen oben angeführten Zeitgenossen messen, und die vielversprechenden Ideen in seiner Erstlingsarbeit hat er selbst nicht weiter ausgeführt. Ein Prachtwerk, „Vergleichende Osteologie", das er zusammen mit dem Zeichner d'Alton während seines Aufenthalts in Deutschland herausgab und das Goethes besondere Aufmerksamkeit erregte, kann sich hinsichtlich des Interesses nicht mit seinen embryologischen Arbeiten messen, und nach der Rückkehr in die Heimat verzettelte er seine Begabung auf eine Menge kleiner Arbeiten, deren Ergebnisse von der Nachwelt wenig beachtet wurden.

Die oben geschilderten Forscher schufen indessen einen neuen Zweig der vergleichenden Morphologie, der von größter Bedeutung für die Entwicklung der Biologie überhaupt wurde, da er ein weit vielseitigeres und umfassenderes Studium der Organe der Lebewesen ermöglichte, als man sich früher hatte vorstellen können, indem er sich nicht nur mit ihrer gegenwärtigen Beschaffenheit, sondern auch mit ihrer Entwicklungsgeschichte beschäftigte, also nicht nur mit morphologischer, sondern auch mit morphogenetischer Forschung Von diesem Zeitpunkt an kann man die Entstehung der vergleichenden Anatomie im Sinne unserer Zeit rechnen,

und ihre Entwicklung in den folgenden Jahrzehnten war besonders in Deutschland außerordentlich. Man kann sagen, daß diese Forschungsrichtung während des größeren Teiles des 19. Jahrhunderts die deutsche biologische Wissenschaft beherrschte. Freilich waren es nicht nur die embryologischen Entdeckungen, welche diesen Aufschwung herbeiführten. Auch auf anderen Gebieten eröffneten sich durch neue Methoden und neue Tatsachen Weiten ungeahnter Größe für die biologische Forschung. Zwei früher schon bekannte, aber von der vorhergehenden Generation nicht genügend geschätzte Methoden waren es besonders, die von nun an mit erneutem Interesse und unter wesentlichen Verbesserungen angewendet wurden und von Grund aus die Auffassung der Lebensvorgänge umgestalteten, nämlich die experimentelle Methode und die Mikroskopie.

Kapitel XXXIV.

Die Entwicklung der Experimentalforschung und ihre Anwendung auf die vergleichende Biologie.

Wie wir sahen, wurde die experimentelle Methode schon im 18. Jahrhundert in der Tier- und Pflanzenbiologie angewendet. Namen wie Haller und Spallanzani, Hales und Ingenhousz beweisen das zur Genüge. Unter der Herrschaft der romantischen Naturphilosophie trat eine Änderung ein, denn die Vertreter dieser Richtung, welche glaubten, auf dem Wege der Spekulation alle Rätsel des Lebens lösen zu können, verachteten tief das Experiment, von dem sie meinten, es führe nur zu wertlosen Künsteleien. Die physiologischen Werke, die in jener Zeit erschienen, sind daher auch meistenteils rein spekulativ oder beschäftigen sich mit morphologischen Fragen. Mit der Zeit aber gelangte auch auf diesem Gebiete die Vernunft zu ihrem Rechte, und die großen Fortschritte, welche die Physik und Chemie der experimentellen Methode verdankten, reizten zu Versuchen, dieselbe auch auf die Biologie anzuwenden, zumal in der nächst vorhergehenden Zeit hervorragende Forscher mit reichem Erfolge begonnen hatten, die chemische Zusammensetzung der lebenden Organismen zu studieren. Ein Blick auf die Entwicklung dieses Zweiges der Chemie dürfte daher hier am Platze sein.

Als Begründer der Tier- und Pflanzenchemie muß hier Carl Wilhelm Scheele genannt werden, den wir schon als Bahnbrecher auf dem Gebiete der Chemie der Gase kennen lernten. Seiner Abstammung und Erziehung nach war er deutsch. Geboren im Jahre 1742 in Stralsund, begann er jung an Jahren seine Apothekerlaufbahn in Schweden und starb als Apotheker im Städtchen Köping im Jahre 1786. Während seines kurzen Lebens und in sehr engen Verhältnissen hat er seine an Erfolgen

außerordentlich reiche Forschung ausgeführt. Als ein Teil derselben mag hier die chemische Bearbeitung von Stoffen aus dem Tier- und Pflanzenreiche erwähnt werden, die er gründlicher als irgend jemand vor ihm durchführte, und zu deren Resultaten die Entdeckungen der Milchsäure, des Cyanwasserstoffes und der Harnsäure, ferner des Glyzerins, der Zitronsäure, der Apfelsäure und anderer ebenso wichtiger Stoffe gehören. Auch Lavoisier studierte, wie wir sahen, Vorgänge im Tier- und Pflanzenreiche. Einer von seinen Nachfolgern war Antoine François de Fourcroy (1755—1809). In Armut aufgewachsen, wurde er von Vicq d'Azyr bei seinen medizinischen Studien unterstützt und erhielt in jungen Jahren eine Professur in der Chemie. Er schloß sich mit Eifer der Revolution an, war Mitglied des berüchtigten Wohlfahrtsausschusses und wurde schließlich Unterrichtsminister. In einem von ihm verfaßten Handbuche der Chemie „Philosophie chimique" und in mehreren anderen Schriften behandelt er eingehend die Tier- und Pflanzenchemie. Die erwähnte „chemische Philosophie" erregte viel Aufmerksamkeit und wurde in mehrere Sprachen übersetzt[1]). In diesem Werk berichtet er über die chemische Zusammensetzung der Pflanzen und Tiere und führt als den wesentlichen Unterschied zwischen den Stoffen aus dem Pflanzen- und Tierreiche den Stickstoffgehalt der Tiere an. Die Pflanzenstoffe werden in 16 verschiedene Substanzen eingeteilt, darunter Gummi, Zucker, fette und flüchtige Öle, Harz u. a. Unter den Stoffen des Tierreiches unterscheidet er drei Gruppen, Eiweiß, Leim und Fibrin. Für beide Naturreiche charakteristisch sind Gärungsprozesse verschiedener Art, von denen Wein-, Essig- und Fäulnisgärung beschrieben werden. Außer dieser Einteilung der Bestandteile der lebenden Wesen verdankt man Fourcroy eine große Anzahl wertvoller Einzeluntersuchungen tierischer Substanzen, wie Blut, Galle, Serum u. a. Seine Verdienste wurden von Berzelius voll anerkannt, der auf diesem Gebiete, wie überhaupt, der große Erneuerer der Chemie war.

Jöns Jakob Berzelius wurde im Jahre 1779 zu Väversunda in Östergötland in einem armen Pfarrhause geboren. Er verlor früh seinen Vater und studierte unter großen Entbehrungen, indem er seinen Unterhalt durch Privatstunden und Arbeit in einer Apotheke erwarb. Im Jahre 1809 wurde er Doktor der Medizin und erhielt eine Anstellung als Lehrer an der „Chirurgischen Lehranstalt" in Stockholm, aus der hernach, besonders dank seines Wirkens, das „Karolinische Institut" entstand. Hier erhielt er ein Laboratorium, in dem er chemische Untersuchungen anstellen konnte, die seinen Weltruhm begründeten. Seine außerordentliche Arbeitskraft ermöglichte ihm neben seiner Forscher-

1) Der Verfasser hat die schwedische Übersetzung des Werkes benutzt.

und Verfassertätigkeit die Übernahme vieler öffentlicher Aufträge; u. a. war er ständiger Sekretär der schwedischen Akademie der Wissenschaften, deren Jahresberichte er stilistisch meisterhaft abfaßte, und erhielt sehr viele in- und ausländische Auszeichnungen. Seine letzten Lebensjahre waren durch Krankheit getrübt; er starb im Jahre 1848.

Berzelius' Verdienste um die Erneuerung der chemischen Wissenschaft sind allbekannt und gehören nicht in den Rahmen unserer Darstellung. Er beherrschte in der Tat die ganze Chemie wie keiner seiner Zeitgenossen und schuf neues auf allen Gebieten, die er in Angriff nahm. Einer seiner wichtigsten Beiträge war jedenfalls seine Untersuchung der Stoffe, die das Leben auf der Erde erzeugt. In seinen in den Jahren 1806—1808 herausgegebenen „Vorlesungen über Tierchemie“ berichtet er über seine Auffassung der Lebenserscheinungen im allgemeinen und gibt eine Menge neuer Tatsachen aus dem Gebiete der organischen Analyse, die er später noch vermehrte. Diese rein chemischen Untersuchungen der Zusammensetzung von Blut, Galle, Milch, Knochen, Fett und vielen anderen Stoffen gehören eigentlich mehr in die chemische Fachwissenschaft als in die Biologie, und obgleich sie von grundlegendem Einfluß auf die Kenntnis vom Leben und von den Funktionen des lebenden Körpers waren, so ist ein eingehender Bericht über sie hier kaum am Platze. Aber die Anschauung von den Lebenserscheinungen, die sich Berzelius auf Grund dieser Untersuchungen bildete, hat bei Zeitgenossen und Nachwelt eine wichtige Rolle gespielt und ist daher von besonderem Interesse, ganz abgesehen davon, daß diese Gedanken von einer in der Geschichte der Menschheit bahnbrechende Persönlichkeit ausgesprochen wurden.

Als Quellen für seine Auffassung der Lebenserscheinungen nennt Berzelius in erster Linie die Arbeiten von Fourcroy und Bichat. Besonders die Darstellungen des letzteren von den Körpergeweben und ihren Funktionen bildeten die Grundlage seiner ganzen Auffassung der Lebensvorgänge, und auch Reil hat nicht wenig dazu beigetragen, während Fourcroys Rolle die eines Vorläufers auf rein chemischem Gebiete ist. Was aber hauptsächlich Berzelius' allgemeine Naturauffassung von der dieser Vorläufer unterscheidet, ist seine scharfe Kritik und Abneigung gegen alle Hypothesen. Während die Naturphilosophie seiner Zeit glänzende Gedankenkonstruktionen aufführte, leitet Berzelius seine Tierchemie mit den Worten ein: „Ich habe überall versucht, den Hypothesen auszuweichen, und wenn ich bisweilen kleine Vermutungen gewagt habe, so sind alle derartig, daß sie bald durch die Erfahrung entschieden werden müssen. Ich ziehe vor zu sagen: dieses ist uns ganz unbekannt, als mit einer Sammlung von Wahrscheinlichkeiten die Lücke in unserem Wissen zu verschleiern.“ Diesem Grundsatz gemäß verwirft er die vitalistischen Theorien seiner Zeit: „Das Leben liegt nicht in einem fremden, im or-

ganischen oder lebenden Körper befindlichen Wesen, sein Ursprung *ist in den allgemeinen* Grundkräften der Urstoffe zu suchen, und es ist die notwendige Folge der Verhältnisse, unter denen die Grundstoffe des lebenden Körpers vereinigt sind.“ Und weiterhin sagt er: „Alles, was man daher mit dem Worte eigene Vitalität erklärt, ist völlig unerklärt, und es wird eine Verirrung, sollte es eine andere Bedeutung erhalten als die eines noch unbekannten mechanisch-chemischen Prozesses.“ Ja sogar die Seelenfunktionen erklärt er auf dieselbe Weise: „So ungereimt es auch scheinen mag, ... so sind doch unser Urteil, unser Gedächtnis, unsere Überlegung und andere Voraussetzungen des Gehirns ebensolche organische Prozesse wie die des Magens, der Gedärme, der Lunge, der Drüsen usw., aber die Chemie erhebt sich hier in eine höhere Region, wohin unser Forschergeist ihr nie wird folgen können.“ Selbst La Mettrie hat sich nie deutlicher ausgedrückt, und wenn auch Berzelius in einer Anmerkung hinzufügt, der Materialismus „stimme nicht mit unserer Hoffnung und unserer so gut wie angeborenen Empfindung von der Unsterblichkeit der Seele überein“, so macht das gegenüber dem Gesagten wenig Eindruck. Man kann verstehen, daß die Romantiker Antipathie gegen einen Mann und eine Lehranstalt hegen mußten, von denen solche Worte ausgingen.

Als es hernach galt, die mechanische Theorie vom Leben im einzelnen anzuwenden, verfällt Berzelius gleich so vielen seiner Vorgänger in den Fehler des zu starken Vereinfachens und kann sich nicht trotz seines ehrlichen Willens von spekulativen Konstruktionen freimachen. Unter der Überschrift „die innersten Bestandteile des Körpers“ sagt er: „Die Phänomene des Tierlebens sind auf zwei Systeme verteilt, die Nerven und die übrigen Organe. In den ersteren liegt eigentlich das Leben, und durch dieselben lebt das Tier für den Augenblick. Die letzteren dagegen fördern die Bedingungen, durch die das Tier im nächstfolgenden leben soll.“ Das Nervensystem bilde also den wesentlichen Unterschied zwischen der organischen und der anorganischen Natur, und deshalb müßten auch die Pflanzen Nerven haben, obgleich sie noch unbekannt wären. Dieser Gegensatz zwischen dem Nervensystem, als dem eigentlichen Träger des Lebens, und den anderen Organen, welche Instrumentalorgane genannt werden, ist mindestens ebenso unnatürlich wie Bichats Theorie von den zwei Leben, welche Berzelius kritisiert, und der Gedanke, das Leben könne nur in einem Nervensystem existieren, ist noch weniger glücklich. Die Funktionen des Nervensystems sind nach Berzelius unbekannt, und er warnt ernstlich davor, elektrische und andere Kräfte hinzuzuziehen, um zu erklären, was man nicht begreife. Vom Bau des Gehirns und der Nerven hat er unklare Begriffe, und er berücksichtigt weder Malpighis mikroskopische Entdeckungen, noch ihre Anwendung

durch Swedenborg. Auch über das Blutgefäßsystem macht er einige mißglückte Behauptungen, indem er z. B. meint, die Kapillaren öffneten sich zwischen den Organen, und diese wüchsen durch Ablagerung fester Substanz, „eine Art Kristallisation“, um jene Öffnungen herum. Übrigens glaubte er auch an die Urzeugung niederer Tiere. Besonders klar und bestimmt ist aber seine Darstellung von der Befruchtung. Er bekennt offen die Unfähigkeit der damaligen Wissenschaft, den Vorgang zu erklären, und seine Darstellung der Eientwicklung ist ungewöhnlich klar, wenn man bedenkt, daß sie 20 Jahre vor von Baers epochemachender Entdeckung zustande kam.

Berzelius war also kein tiefer Denker auf dem Gebiete der theoretischen Naturwissenschaft, wie etwa Galilei, aber seine ehrliche und anspruchslose Erkenntnis der Grenzen der Naturwissenschaft und sein Widerwillen gegen jede Hypothesenbildung wirkte ohne Zweifel in hohem Grade belehrend auf eine Generation, die von naturphilosophischen Spekulationen umnebelt war, und sein Beispiel wirkte um so stärker, als er als ein Entdecker von höchstem Rang auf dem Gebiete der Naturerscheinungen Anspruch auf Autorität hatte. Die Schar seiner Schüler war groß und glänzend, denn die besten Chemiker der folgenden Generation hatten sich bei ihm ausgebildet, und durch sie wurde zweifellos auch das Streben des Meisters nach Erfassung der tatsächlichen Phänomene der Natur ohne „Erklärungen durch qualitates fere occultae“ weiter verbreitet.

Die oben geschilderte Experimentalforschung galt der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Organe. Aber auch die Funktionen der Organe, ihre Lebensäußerungen an und für sich und das Zusammenwirken derselben wurde in jener Zeit Gegenstand eingehender experimenteller Untersuchungen. Auf diesem Gebiete war ja Haller bahnbrechend, und ihm folgte eine größere Anzahl von Forschern, welche durch Experimente an lebenden Tieren, Vivisektionen, die Vorgänge im Tierleben, sowohl hinsichtlich einzelner Organe, als auch ganzer Gruppen von solchen, in immer größerem Umfange zu erforschen suchten. Durch diese Experimente erkannte man eine bis dahin ungeahnte Gesetzmäßigkeit der Lebenserscheinungen und fand, daß sie ebensogut Gegenstand exakter Forschung sein konnten wie die chemischen und physikalischen Vorgänge in der unbelebten Natur. Auf diesem Gebiete sehen wir französische und englische Forscher bahnbrechend hervortreten, während in Deutschland, wo früher die Naturphilosophie und hernach die vergleichende Morphologie herrschten, die Vertreter der experimentellen Forschung auch eben Morphologen waren, wenigstens was die ältere Generation betraf. Man kann daher in

vielen Fällen im Zweifel sein, zu welcher Kategorie der eine oder andere jener deutschen Forscher eigentlich zu zählen sei.

Charles Bell wurde im Jahre 1774 in der Nähe von Edinburgh als Sohn eines Landpfarrers geboren. Nach einer in großer Armut verbrachten Studienzeit promovierte er in Edinburgh und ließ sich als Arzt in London nieder, wo er zu hohem Ansehen gelangte, Professor der Chirurgie und Leiter des bereits genannten Hunterschen Museums wurde. Im Alter kehrte er als Professor der Anatomie in seine Heimat zurück und starb dort im Jahre 1842. Er genoß große Achtung als geschickter Arzt, hervorragender Universitätslehrer und tief religiöse Persönlichkeit, und äußere Ehrungen wurden ihm in ungewöhnlich großer Menge zuteil. Als wissenschaftlicher Schriftsteller war er sehr produktiv, gab ein Handbuch der allgemeinen Anatomie heraus, das sehr angesehen war, und eine Menge Einzelabhandlungen. In vielen von diesen tritt seine christliche Frömmigkeit zutage, namentlich in einer Schrift über den Bau und die Funktion der Hand, die ein Lobeshymnus auf die Weisheit, Macht und Liebe des Schöpfers ist. Was jedoch seinen Namen der Nachwelt bekannt gemacht hat, sind hauptsächlich seine bahnbrechenden Untersuchungen auf dem Gebiete der Nervenphysiologie. Schon Galenus wußte ja, daß gewisse Nerven zur Bewegung, andere zur Empfindung in Beziehung stehen, und seitdem war das Nervensystem von einer Menge Forschern mit immer größerer Genauigkeit in seinen Einzelheiten bearbeitet worden. Noch aber war die Frage offen, wie die vom Rückenmark ausgehenden Nerven sowohl Bewegungsimpulse als auch Gefühlseindrücke vermitteln könnten, denn hierauf gab es entweder gar keine oder nur unzureichende Antworten. Bell veröffentlichte seine Untersuchungen auf diesem Gebiete in einer kleinen Schrift, „Idea of a new anatomy of the brain", die er im Jahre 1811 in wenigen Exemplaren drucken ließ und unter seinen Freunden verteilte. Er schildert hier, wie er die hintere Wurzel eines Rückenmarksnerven durchschnitten hatte, ohne daß dadurch Muskelkontraktionen hervorgerufen wurden, während eine Berührung der vorderen Wurzel Konvulsionen in den Muskeln hervorrief. Er schließt daraus auf eine zweifache Funktion der Rückenmarksnerven im Zusammenhang mit ihren doppelten Wurzeln. Der Gedanke ist jedoch mehr angedeutet als durchgeführt, und das kleine Heft enthält noch mehrere solcher Anregungen, z. B. hinsichtlich der spezifischen Sinnesenergien, eine Frage, die später Johannes Müller gründlich bearbeitet hat, ferner Ideen über Lokalisationen im Großhirn und die Verbindungen zwischen ihnen, die seinerzeit weitausschauende Möglichkeiten in sich schlossen. Bell verfolgte jedoch während der nächsten Jahrzehnte die Wege nicht weiter, die er selbst eröffnet hatte, wodurch andere ihm zuvor kamen, besonders Magendie in Paris. Je-

doch hat Bells Werk hernach große Anerkennung gefunden, die es ohne Zweifel verdient.

François Magendie wurde im Jahre 1785 in Bordeaux geboren, wo sein Vater Chirurg war. Nach einer durch Armut und Kümmernisse getrübten Studienzeit in Paris wurde er zunächst Prosektor am anatomischen Institut, darauf Arzt an einem Krankenhause und schließlich Professor am Collège de France, wo er mit großem Erfolge lehrte und viele hervorragende Schüler um sich versammelte. Er erforschte mittels operativer Eingriffe an lebenden Tieren systematisch die Lebensvorgänge und tat es in einer Weise, die bei seinen Zeitgenossen Bewunderung und Entsetzen erregte. Der feinfühlige Rudolphi spricht von seinen Experimenten mit Abscheu, und das Gerücht von seiner Hartherzigkeit erhielt sich noch lange nach seinem Tode. Vielleicht trug dazu auch sein Verhalten zu den Mitmenschen einiges bei, denn sein Wesen war schroff, und sein Selbstgefühl und seine Verachtung fremder Meinungen äußerten sich oft in rücksichtsloser Form. Aber er war nicht nur hart gegen andere, sondern schonte auch sich selbst nicht. Als die Cholera zum ersten Male in Paris herrschte, übernahm er freiwillig die Krankenpflege in den Quartieren der ärmsten Bevölkerung, der Ansteckungsgefahr trotzend und dem Fanatismus der Volksmasse, welche glaubte, die Ärzte hätten die Krankheit durch Vergiftung der Brunnen hervorgerufen. Magendie wirkte als Forscher und Lehrer bis an seinen Tod, der im Jahre 1855 eintrat.

Magendie trat schon in seinen ersten Schriften energisch gegen Bichats Vitalismus auf, und seine ganze spätere Tätigkeit hatte zum Ziel, die Möglichkeit und Notwendigkeit der Anwendung der in der Physik und Chemie geltenden Gesetze auf die Lebenserscheinungen zu beweisen und die experimentelle Methode zu fördern, die jenen Wissenschaften zu solchen Erfolgen verholfen hatte. Aber schon von Anfang an sah er deutlich die Grenzen der Leistungsfähigkeit dieser Methode, und er betont wiederholt, daß nicht alle Lebenserscheinungen nur durch physikalische und chemische Prozesse erklärt werden könnten, wobei er besonders die Lebenserscheinungen des Nervensystems, die er „vitale“ nennt, von der Betrachtungsweise ausnimmt, welche er auf andere Lebensvorgänge anwendet. Diese vitalen Erscheinungen sind seiner Meinung nach eben deshalb unerklärlich, weil die physikalisch-chemischen Prinzipien auf sie nicht anwendbar sind. Für sie aber auf spekulativem Wege Theorien aufzubauen, hält er für durchaus schädlich und hofft im Gegenteil, daß auch dieses Gebiet in Zukunft so weit als möglich der exakten Methode zugänglich gemacht werden könne, die allein nach seiner Ansicht zu Ergebnissen von bleibendem Werte führe. Als Grundlage für seine Forschung wählt er die von Galilei geschaffene und von Newton

vervollkommnete Methode: „zu beobachten und durch Experimente die Natur auszufragen“. Unter seinen Vorgängern auf biologischem Gebiete führt er in erster Linie Borelli an, dessen in einem früheren Kapitel geschilderte Untersuchungen über den Mechanismus in den Bewegungen der Tiere er mit Bewunderung zitiert und vervollständigt. Dieselbe mechanische Auffassung wendet er auch auf die Atmung und den Blutkreislauf an und sucht dabei, die Fortschritte, die die Chemie zu seiner Zeit machte, so umfassend als möglich auszunutzen. Bei dieser Gelegenheit polemisiert er unaufhörlich mit Bichat, dessen Theorie von den freien Lebensäußerungen der verschiedenen Organe er soweit als möglich durch rein mechanische Prozesse ersetzen will, die man mittels Experiment und Beobachtung feststellen kann. Hypothesen hält er überhaupt für unnötig, nur die Tatsachen besäßen, meint er, wissenschaftlichen Wert, und was mit ihrer Hilfe nicht zu erklären wäre, müsse einstweilen unerklärt bleiben. Dieser Skeptizismus, den er mit eiserner Konsequenz durchführt, war sicher nützlich als Gegengewicht gegen die zügellosen Spekulationen früherer Zeiten. Freilich konnte auch seine Kritik gelegentlich irren, wie bei seiner Billigung von Spallanzanis Behauptung, daß die Spermatozoen bei der Befruchtung keine Rolle spielen, oder wenn er an von Baers Entdeckung des Säugetiereies zweifelt, aber im ganzen ist seine Naturauffassung gesund und scharfsinnig. Sie steht auch auf breiter Grundlage, denn obgleich er in erster Linie die Lebensäußerungen des menschlichen Körpers studiert, so weist er doch beständig auf andere Tierformen hin, und seinem Handbuch der Physiologie fügt er eine systematische Übersicht des gesamten Tierreiches bei.

Magendies größtes Verdienst um die Entwicklung der Biologie liegt jedoch nicht im Bereich der Theorie, so nützlich auch seine Kritik der Hypothesenmanie seiner Zeitgenossen war. Seine größte positive Tat war ohne Zweifel die Schöpfung einer experimentellen Technik. Dabei benutzte er die Erfahrungen der Physik und Chemie zugleich mit den Methoden der Chirurgie und der inneren Medizin und schuf aus dem allem ein experimentelles Verfahren, das noch heute die Grundlage der physiologischen Arbeitsmethoden ist. Er wandte dieses Verfahren auf eine Anzahl wichtiger Vorgänge im Leben der höheren Tiere an, hauptsächlich auf die Vorgänge bei der Zirkulation und der Resorption. Beide unterwarf er mit Erfolg seiner mechanischen Betrachtungsweise: Blutkreislauf und Atmung wurden für ihn Mechanismen, deren Leistungen er berechnen zu können meinte und auch teilweise berechnete. Hinsichtlich der Resorption benutzte er die von Dutrochet kurz zuvor entdeckten Vorgänge der Osmose. Am berühmtesten sind jedoch Magendies Untersuchungen der Vorgänge im Nervensystem geworden. Unabhängig von Bell begann er das Problem der Wurzeln der Rückenmarks-

nerven zu bearbeiten und führte diese Untersuchung sowohl theoretisch als auch experimentell weit gründlicher durch als sein Vorgänger. Er erhob Anspruch auf die Entdeckung der physiologischen Eigenschaften der sensiblen und motorischen Nervenwurzeln, und wenn er damit die eingehende Erforschung meinte, so hatte er recht. Jedoch erschien Bell von neuem auf der Bildfläche und verteidigte seine älteren Ansprüche, und zwischen ihm und Magendie kam es, wie gewöhnlich bei solchen Gelegenheiten, zu einer wenig erbaulichen Polemik. Die Gegensätze zwischen ihnen waren ja auch in der allgemeinen Auffassung von der Natur so groß, wie irgend möglich. Bell suchte Gottes Ehre in seinen wissenschaftlichen Resultaten, und Magendie ließ keine andere Naturerklärung als die mechanische gelten. In der Tat aber haben sich beide bedeutende Verdienste auf dem genannten Gebiete erworben, Bell dadurch, daß er zuerst das Problem erkannt und die verschiedenen Funktionen der beiden Nervenwurzeln festgestellt hat, und Magendie durch seine experimentelle Behandlung der Frage in ihrem ganzen Umfange und in allen Einzelheiten. Bell soll sich durch die Grausamkeit des Experimentes haben abschrecken lassen, die Frage weiter als bis zur Feststellung der oben erwähnten Tatsache an einem einzigen Versuchstier zu verfolgen, während Magendie, der in dieser Hinsicht keine Rücksicht kannte, seine Untersuchung so allseitig als möglich durchführte.

Unter den vielen hervorragenden Schülern, die Magendie um sich sammelte, verdienen besonders folgende genannt zu werden: Marie Jean Pierre Flourens (1794—1867), der die Arbeiten seines Lehrers auf dem Gebiete der Nervenphysiologie fortsetzte und außerdem noch wertvolle Beiträge zur Kenntnis der Haut und der Funktionen mehrerer anderer Organsysteme lieferte, und der größte unter den Physiologen Frankreichs, nämlich Claude Bernard. Er war zu Saint Julien nahe an der Rhone im Jahre 1813 als Sohn armer Bauersleute geboren und erhielt durch das Wohlwollen eines Priesters die Möglichkeit zu studieren. Nachdem er eine zeitlang Apothekerlehrling in Lyon gewesen war, versuchte er sich als Schriftsteller und wandte sich schließlich dem Studium der Medizin zu, das er unter großen Entbehrungen in Paris zu Ende führte. Von der Notwendigkeit, seinen Lebensunterhalt als Landarzt zu erwerben, wurde er von Magendie gerettet, der seine glänzende Begabung entdeckte und ihn zu seinem Assistenten machte. Nachdem er inzwischen einige andere Ämter inne gehabt hatte, wurde er der Nachfolger seines Lehrers, vertauschte aber im Alter diesen Platz gegen eine Professur am Jardin des Plantes. Da er seine Experimente in einer Reihe von Jahren in einem kalten und feuchten Lokal hatte ausführen müssen, war er kränklich geworden und konnte später jahrzehntelang keine praktischen Arbeiten ausführen. Während dieser Zeit beschäftigte er sich mit Schrift-

stellerei auf theoretischem Gebiete, die großes Interesse erregte. Er starb an der Krankheit im Jahre 1878. Während seiner letzten Lebensjahre stand er in sehr hohem Ansehen, wurde mit in- und ausländischen Ehrenbeweisen überschüttet, und seine Beerdigung geschah auf Kosten des französischen Staates. Er war nicht nur einer der größten Physiologen seiner Zeit, sondern auch groß als Mensch, warmherzig und anspruchslos, dabei ein genialer Schriftsteller und Redner. Seine Experimente waren weniger grausam als die Magendies, aber ebenso tief durchdacht und wenn möglich noch ergebnisreicher.

Bernards Forschung umfaßt, wie aus dem oben angeführten hervorgeht, teils eine Reihe experimenteller Untersuchungen, teils eine Sammlung theoretischer Spekulationen über die Lebensvorgänge aus seinen späteren Lebensjahren. Seine theoretische Auffassung hatte er in den Hauptzügen schon in der Jugend fertig ausgestaltet und arbeitete während seines ganzen Lebens daran, aus ihr eine durchdachte Lebenstheorie zu schaffen. Wie Magendie weist er von Anfang an den Bichat-Cuvierschen Vitalismus zurück, begnügt sich aber nicht, wie sein Vorgänger, mit einem allgemeinen Skeptizismus, sondern sucht auseinanderzusetzen, was das Leben eigentlich ist. Hierbei kommt er zum Schluß, daß man nicht definieren könne, was das Leben sei, sondern nur seine Äußerungen analysieren, was schon Galileis Prinzip war. Die Lebensäußerungen ordnet er nach den Rubriken: „Organisation, Génération, Nutrition, Évolution“. Die letzte von diesen ist seiner Meinung nach sowohl besonders charakteristisch für das Leben, als auch am schwersten vom rein mechanischen Gesichtspunkt aus zu erklären. Daß sich aus dem Ei ein Individuum entwickelt, dessen Teile alle, die größten und die kleinsten, in regelmäßiger Ordnung und bestimmter Ähnlichkeit mit denen der Eltern gebildet werden, ist, wie ihm scheint, die Tatsache, welche am meisten die lebende von der unbelebten Materie unterscheidet. Man dürfe jedoch keineswegs glauben, daß die lebenden Wesen und ihre Organe in ihren Funktionen von den Gesetzen der anorganischen Natur unabhängig wären. Im Gegenteil übten Wärme und Kälte, Elektrizität und chemische Reagenzien einen ebenso gesetzmäßigen Einfluß auf sie wie auf die leblosen Dinge aus. Aber die Lebensphänomene unterschieden sich bestimmt von den anorganischen Umsetzungsprozessen durch stets wiederholten Wechsel von Neubildung und Zerfall, Aufbau und Abbruch. Dieses Verhältnis zwischen den Lebenserscheinungen und den sie beherrschenden physikalisch-chemischen Bedingungen nennt Bernard „Determinismus“ und will durch diesen Begriff sowohl den Vitalismus als auch den Materialismus ersetzt wissen, die er beide verwirft. Denn im Gegensatz zu Magendie hält er Hypothesen und Theorien für nützlich für die Wissenschaft. Obwohl sie freilich wenig realen Wert besäßen, könne man sie doch nicht

entbehren, „denn in jeder Wissenschaft ist es unmöglich, von einer bekannten Tatsache zu einer unbekannten zu gelangen ohne Hilfe einer abstrakten Idee oder Theorie". Die allgemeine Lebensanschauung sei jedoch eine eigene Angelegenheit des Forschers, „keiner fragt danach, ob Harvey oder Haller Spiritualisten oder Materialisten gewesen wären; man weiß nur, daß sie große Physiologen waren und ihre Beobachtungen und Experimente sind es, die auf die Nachwelt übergehen". Bernard hat also einen Mittelweg gesucht zwischen dem reinen ideelosen Feststellen von Tatsachen und jener Spekulation, die in ihrem Streben nach Schaffung einer allgemeinen Theorie des Daseins die tatsächliche Grundlage verliert, die die Lebensbedingung aller Wissenschaft ist.

Jedoch beruht Bernards Ruhm keineswegs hauptsächlich auf der von ihm dargelegten Aufassung vom Leben. Vielmehr hat er sich auf dem praktischen Gebiete der experimentellen Biologie seinen großen Namen erworben. Seine Untersuchungen befaßten sich besonders mit den Ernährungs- und Stoffwechselprozessen im Tierkörper, und hinsichtlich dieser haben seine Ergebnisse eine in vieler Beziehung neue Auffassung zustande gebracht. So hat er unter anderem die Bedeutung der Leber für die Verdauung zum ersten Male klargelegt, indem er ihren Zuckergehalt feststellte und die Bedingungen studierte, unter denen ihre Sekretion stattfindet. Die Rolle der Leber im Haushalt des Körpers erhielt durch ihn eine ganz neue Beleuchtung, und er bezeichnet dieses Organ als „un véritable laboratoire vitale". Während man nach der Entdeckung des Lymphsystemes in der Leber nur ein Organ für Bereitung und Ausscheidung von Galle sah, fand Bernard, daß eine Menge Stoffe aus dem Darm durch die Pfortader der Leber zugeführt und in ihr umgewandelt wird. Durch ihn ist also der Kenntnis von der Nahrungsaufnahme im Verdauungskanal eine ganz neue Grundlage geschaffen worden. Im Anschluß hieran studierte Bernard die Zuckerproduktion im Menschen- und Tierkörper überhaupt und stellte unter anderem fest, daß ein Einstich in das verlängerte Mark bei Tieren die Zuckerkrankheit hervorruft, eine Tatsache, die heute nach ihm genannt wird und den Grund zur Kenntnis dieser Krankheit gelegt hat. Ferner hat Bernard die Rolle des Pankreassaftes bei der Verdauung klargelegt, die Funktion der vasomotorischen Nerven untersucht, die Frage von der Wärmeproduktion der Tiere studiert und schließlich noch eine Anzahl bedeutungsvoller Arbeiten auf pathologischem Gebiete ausgeführt, z. B. über die Wirkung von Giften. Alle diese Beiträge waren von größter Bedeutung für die Entwicklung der Biologie.

Während also in Frankreich die experimentelle Methode in der Biologie zur Erforschung rein physikalischer und chemischer Phänomene bei lebenden Wesen angewendet wurde, erhielt in Deutschland dieselbe

Methode eine ganz andere Verwendung. Sie diente anfangs der rein spekulativen Naturphilosophie, die ja damals einen dominierenden Einfluß ausübte, und wurde später in der vergleichenden Anatomie unter Beihilfe des Mikroskopes angewendet. Durch diese Kombination wurden glänzende Resultate erzielt und es entstand eine neue Richtung in der Biologie, mit der Deutschland an die Spitze der wissenschaftlichen Arbeitszentren trat. Im folgenden sollen die wichtigsten Vertreter dieser Richtung angeführt werden.

Johannes Evangelista Purkinje wurde im Jahre 1787 zu Lobkowitz in Böhmen als Sohn tschechischer Eltern geboren. Sein Vater war Gutsverwalter und starb früh. Die Mutter brachte den Knaben in ein Priesterseminar, wo er deutsch lernte und in den allgemeinen Schulfächern unterrichtet wurde. Hier studierte er hernach drei Jahre Theologie, verließ aber kurz vor der Priesterweihe diese Anstalt und begann in Prag Philosophie und Medizin zu studieren. Seine Dissertation über den Gesichtssinn zeigt den Einfluß von Goethes „Farbenlehre" und erregte aus diesem Grunde das Interesse des Dichters, durch dessen Verwendung er, der in seinem Vaterlande vergebens eine Anstellung gesucht hatte, von der preußischen Regierung im Jahre 1823 als Professor der Physiologie nach Breslau berufen wurde. Die Fakultät hatte einen anderen vorgeschlagen, und Purkinje kam dadurch von Anfang an in eine schiefe Stellung, die noch durch den Umstand erschwert wurde, daß er kein guter Kathederredner war, vermutlich weil er die deutsche Sprache nicht genug beherrschte. Während einer langen Reihe von Jahren arbeitete und kämpfte er, um ein eigenes physiologisches Institut zu erhalten, und als schließlich der Widerstand der Vorgesetzten und Kollegen, namentlich seines beständigen Feindes, des Professors der Anatomie, überwunden war, konnte im Jahre 1840 das Institut eröffnet werden, das das erste seiner Art in Deutschland und sehr bescheiden eingerichtet war. Bis dahin hatte Purkinje seine Experimente in seiner eigenen Wohnung ausführen müssen, deren Bequemlichkeit er jahrelang den wissenschaftlichen Zwecken opferte. Aus diesem improvisierten Laboratorium gingen eine Menge bahnbrechender Arbeiten hervor, die verschiedene Gebiete der Biologie betrafen und von ihm selbst oder zum Teil auch von hervorragenden Schülern, die er um sich sammelte, gemacht wurden. Als das Institut fertig war, ermattete Purkinjes Interesse für die Wissenschaft, und er fing an, sich mehr für die Kultur und Politik seines Vaterlandes zu interessieren. Schon in Breslau befaßte er sich mit Schriftstellerei in tschechischer Sprache, indem er Schillers und Goethes Gedichte übersetzte, und nachdem er im Jahre 1850 nach Prag berufen worden war, widmete er sich ganz und gar der nationalen Sache, schrieb seinen Namen „Jan Purkyně", agitierte für eine rein tschechische Universität und war

Mitglied der jungtschechischen Partei im böhmischen Landtag. Reich an in- und ausländischen Ehrungen, vergöttert von seinen Stammesgenossen, aber auch gehaßt von den Deutschen in Böhmen, arbeitete Purkinje unverdrossen bis in sein hohes Alter. Er starb im Jahre 1869.

Purkinje ist eines von den großen Entdeckertalenten in der Geschichte der Biologie. Eine Menge Tatsachen von höchstem Wert für die Kenntnis des Lebens sind durch ihn bekannt geworden, aber er hat nie ein bestimmtes Gebiet systematisch und gründlich durchgearbeitet, und auch theoretische Fragen hat er nicht behandelt. Sogar sein größtes Werk, seine physiologischen Untersuchungen der Sinnesorgane, ist eigentlich nur eine Sammlung verschiedener Experimente und Beobachtungen ohne anderen Zusammenhang, als daß sie sich auf ein bestimmtes Organ beziehen. Seine physiologischen Untersuchungen über den Gesichtssinn, zu denen, wie erwähnt, Goethes „Farbenlehre" die Anregung gegeben hatte, und die dem Dichter gewidmet wurden, bilden auf ihrem Gebiete eine grundlegende Arbeit. Sie zeugen von einer außerordentlich geübten Beobachtungsgabe und einer ihr ebenbürtigen Experimentierkunst. Sehempfindungen, hervorgerufen durch mechanische Einwirkungen, galvanischen Strom und verschiedenartige Lichteindrücke werden beschrieben und analysiert. Besonders berühmt sind die Kapitel „Indirektes Sehen" und „Wahre und scheinbare Bewegungen in der Gesichtssphäre". Auch die nach Purkinje benannte Aderfigur, hervorgerufen durch schiefe Beleuchtung des Auges, ist allgemein bekannt. Als Mikroskopiker machte Purkinje ebenfalls Entdeckungen und fand das Keimbläschen im Hühnerei, bevor noch von Baer das Säugetierei entdeckt hatte. Ferner beobachtete er die spiraligen Ausführungsgänge der Schweißdrüsen und den Bau des Knorpels. Von besonderem Interesse sind seine umfassenden Untersuchungen über das Vorkommen von Flimmerhaaren im Tierreiche, die früher nur bei Urtieren und Weichtieren bekannt waren. Purkinje entdeckte sie und ihre Bewegung im Eileiter und in der Luftröhre bei Wirbeltieren und stellte die Unabhängigkeit der Bewegung von fremder Kraft fest, obgleich er, der damals noch die Beschaffenheit der Zellen nicht kannte, die Ursache dieses autonomen Lebens nicht finden konnte. Ferner verdienen unter Purkinjes Entdeckungen die Achsenzylinder der Nerven genannt zu werden und jene großen verzweigten Zellen im Kleinhirn, die jetzt seinen Namen tragen. Als physiologischer Chemiker ist er durch seine Untersuchungen über die Einwirkungen des Labfermentes auf die Verdauung bekannt geworden. Es könnten noch viele Entdeckungen von ihm angeführt werden, wenn es nur der Raum gestattete.

Gleichzeitig mit Purkinje wirkte in Deutschland ein Forscher, der als Persönlichkeit in vieler Hinsicht einen Gegensatz zu ihm bildete, an Bedeutung für die Wissenschaft aber ihm gleich ist.

Johannes Peter Müller[1]) wurde zu Koblenz am Rhein im Jahre 1801 als Sohn eines Schuhmachers geboren. Die Familie hatte ihr Auskommen, und der Sohn durfte seiner Neigung zum Studieren folgen. Nach glänzend beendigter Schulzeit begab er sich nach Bonn, um Medizin zu studieren. Nach Erlangung des Doktorgrades hielt er sich drei Semester in Berlin auf, wo ihm Rudolphi mit väterlichem Wohlwollen begegnete, und nahm Eindrücke auf, die für seine weitere Entwicklung bestimmend wurden. Nach Bonn zurückgekehrt, wurde er zuerst Dozent und später, im Jahre 1830, Professor daselbst. Als Rudolphi gestorben war, und die Frage hinsichtlich seines Nachfolgers erwogen wurde, richtete Müller an den preußischen Kultusminister ein Schreiben, in welchem er sich selbst als Bewerber meldete und einen großartigen Plan für seine zukünftige Arbeit entwarf. Er wurde ernannt und bekleidete die Professur bis an seinen Tod im Jahre 1858. Er wirkte als Lehrer und Forscher mit unvergleichlichem Erfolge, und der Schülerkreis, der ihn umgab, hat in der Geschichte der Wissenschaft, was den Ruhm und die Ergebnisse vieler seiner Mitglieder betrifft, wenig seinesgleichen. Selbst widmete sich Müller anfangs experimenteller und mikroskopischer Forschung. Er war es, der die Experimentalphysiologie in Deutschland einführte, und seine Verdienste um die Mikroskopie waren nicht geringer. In seinen späteren Jahren wandte er sich mehr der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte zu und begann sich infolgedessen für die von Rathke eingeführte Meeresforschung zu interessieren. Zu diesem Zwecke besuchte er die Küsten des Mittelmeeres und Skandinaviens, überall die Biologie mit wertvollen Beobachtungen bereichernd. Die unerhörten Anstrengungen solcher vielseitiger Tätigkeit zehrten an seinen Kräften, und Kümmernisse äußerer Art wirkten auf sein Gemüt. Im Revolutionsjahre 1848 war er Rektor der Universität und hatte, da er konservativ gesinnt war, wiederholt Konflikte mit den revolutionären Studenten. Einige Jahre später erlebte er einen schweren Schiffsbruch, der einem seiner Freunde das Leben kostete. Diese Ereignisse scheinen seine Kraft gebrochen zu haben. Schon von Jugend auf zeigte sein Wesen eine eigentümliche Mischung von nervöser Unruhe, stolzem Selbstgefühl und tiefer Schwermut. Letztere nahm in dem Maße überhand, als sich die Sorgen mehrten und die Kräfte abnahmen. Eines Morgens fand man ihn ohne vorhergegangene Krankheit tot im Bett, und ein allgemein verbreitetes und nie widerlegtes Gerücht meldet, er habe in seiner Verzweiflung Hand an sich gelegt.

Johannes Müllers wissenschaftliche Laufbahn war, kann man sagen, typisch für die damalige deutsche Biologie überhaupt, denn sie

1) Die Biographie Joh. Müllers von Wilhelm Haberling ist dem Verfasser noch nicht zugänglich gewesen.

wurzelt in der Naturphilosophie und endet mit exakter Forschung, zuerst auf physiologischem und später auf vergeleichend anatomischem Gebiete. Von Kindheit an hatte Müller ein bewegliches und phantasiereiches Temperament. Er neigte zu Halluzinationen, die er später wissenschaftlich studierte, und der Unterricht, den er in Bonn erhielt, war recht geeignet, diese phantasiebetonte Seite in ihm zu entwickeln. Unter seinen Lehrern sehen wir nämlich Nees von Esenbeck, den bereits geschilderten phantastischen Botaniker, und Brandis, einen Anhänger Schellings. Seine Dissertation „Über Zahlenverhältnisse in den Bewegungen der Tiere“ ist auch ganz im Sinne Okens abgefaßt[1]). Man liest da unter anderem, daß „Beugung und Streckung die beiden Pole des Lebens seien, erstere gleich der geschlossenen Knospe, letztere gleich der ausgeschlagenen, aber welkenden Blüte. In beiden herrsche Nacht, und zwischen ihnen bewege sich das Leben“. Man sagt, Müller habe im Alter alle Exemplare dieses Phantasieerzeugnisses verbrannt, deren er habhaft werden konnte. Sein Aufenthalt bei Rudolphi kühlte indessen seine Neigung für solche Extravaganzen bedeutend ab, und man sagt, daß die Bekanntschaft mit Berzelius' Schriften in dieser Hinsicht eine noch tiefer gehende Wirkung auf ihn gehabt habe. Bevor er die naturphilosophische Richtung ganz aufgab, veröffentlichte Müller jedoch seine Untersuchungen über subjektive Sinneswahrnehmungen und damit das bedeutendste Werk, das die deutsche Naturphilosophie hervorgebracht hat. Gleich Purkinje, der in diesem Fall sein Vorläufer ist, geht Müller von Goethes Farbenlehre aus. Die physikalischen Eigenschaften des Lichtes interessieren ihn nicht, und er nimmt die Theorie vom „Urphänomen“ des Lichtes an, obgleich er für ihre Schwächen nicht blind ist. Was ihn zu Goethe zieht, sind dessen Beobachtungen über die Subjektivität der Sehempfindungen. Von diesen ausgehend, stellt Müller auf Grund eines reichen Materiales an eigenen Beobachtungen seine allgemeine Theorie von den spezifischen Energieformen der Sinnesorgane auf. Er stellt fest, daß jedes Sinnesorgan in seiner besonderen Weise auf jede Art von Reiz reagiert, das Auge z. B. durch Lichtempfindung ebenso sehr auf Schläge, auf elektrische Ströme, wie auf das Tageslicht. Andererseits reagieren die verschiedenen Sinnesorgane jedes in seiner Weise auf denselben Reiz. Also reagiert auf elektrische Reize das Auge durch Sehempfindung, das Ohr durch Schallempfindung, die Zunge durch Geschmacksempfindung, und schließlich kann jedes Sinnesorgan seine besondere Reaktion auf Eindrücke von innen zum Ausdruck bringen, wodurch „phantastische Sinnesvorstellungen“, oder wie wir sie heute nennen, Halluzinationen zustande kommen. Durch diese Tatsachen hat Müller die in unseren Tagen so eifrig bearbeitete

---

1) Ein Auszug in deutscher Sprache findet sich in Okens Isis, Jahrg. 1822.

experimentelle Physiologie der Sinnesorgane begründet und konnte es, trotz der naturphilosophischen Grundsätze, von denen seine Forschung ausging, dank seiner außerordentlichen Beobachtungsgabe und scharfen Denkweise. Wir finden hier also eine Menge Aussprüche im Geiste der Goetheschen Spekulationen. Die experimentelle Methode wird verachtet, wobei besonders Magendies Experimente abfällig beurteilt werden, und statt dessen wird das Suchen nach dem „göttlichen Leben in der Natur" gepriesen. Als Aufgabe der Physiologie wird das Verstehen der Lebenserscheinungen vom Standpunkt des Lebensbegriffes aus und nicht auf Grund von Erfahrungen hingestellt. Hier sehen wir wieder einen Beweis dafür, daß ein scharfsinniger Beobachter neue Werte auch trotz seines schwachen theoretischen Standpunktes schaffen kann. Müllers Geschicklichkeit in der Beobachtung von Lebensäußerungen seiner eigenen Sinne war in der Tat einzig dastehend, aber die Gefahr, welche mit solchen Selbstbeobachtungen untrennbar verbunden ist, bestand auch für ihn. Sein Nervensystem wurde von seinen „phantastischen Sinnesvorstellungen" angegriffen, und er versank in Schwermut, die an Wahnsinn grenzte. Ruhe und sorgfältige Pflege stellten ihn zwar wieder her, aber er gab für immer diese „subjektiven" Forschungen auf und damit auch in der Hauptsache die Naturphilosophie, auf der jene beruhten. Man kann sagen, daß mit dieser Gemütskrankheit auch die Herrschaft der Naturphilosophie in Deutschland endete.

Seine idealistische Lebensanschauung hat Müller wohl nie aufgegeben, aber seine Naturforschung gründete sich fortan auf die von Rudolphi aufgestellten Prinzipien — ein vergleichendes Studium der Lebenserscheinungen gegründet auf die Kenntnis ihrer Organe bei den verschiedenen Tierformen. Er unterwarf also die Versuche von Bell und Magendie über sensible und motorische Nervenwurzeln einer neuen Bearbeitung, und es gelang ihm, ein geeigneteres Untersuchungsobjekt zu finden, als das seiner Vorgänger. Diese hatten mit Hunden und Kaninchen gearbeitet, Müller verwendete Frösche, die zählebiger sind und daher gründlicher studiert werden können, und konnte somit die Kenntnis von dem genannten wichtigen Phänomen wesentlich vertiefen. Besonders die Reflexbewegungen wurden durch seine Bearbeitung eingehend beleuchtet. Ein anderes Gebiet, das er gleichzeitig in Angriff nahm, war das Studium der Embryonalentwicklung der Geschlechtsorgane, durch das er die Entdeckungen von von Baer und Rathke bedeutend ergänzte, unter anderem durch die Bearbeitung der Entwicklungsgeschichte der Urnieren. Auch über das Drüsensystem der höheren Tiere machte er wichtige Beobachtungen und stellte dabei endgültig fest, daß die Drüsen geschlossene Röhren sind und nicht mit den Blutgefäßen in Verbindung stehen. Sein ganzes Wissen auf diesem Gebiete hat er in seinem „Handbuch

der Physiologie des Menschen“ zusammengefaßt, einem Werk, in dem seine allgemeine Auffassung von der Biologie am klarsten zur Sprache kommt und das seinen Zeitgenossen als eine Autorität für die Auffassung der Lebenserscheinungen galt, bis der Darwinismus sich durchsetzte.

Müller beginnt sein Handbuch der Physiologie mit einigen allgemeinen Betrachtungen über das Wesen des Lebens und zeigt dabei, wie tiefe Spuren die Naturphilosophie in ihm zurückgelassen hat, trotzdem er ihr nicht mehr huldigte. Er ist Vitalist, aber auf eine bedeutend positivere Weise, als z. B. Bichat, der nur behauptete, der Lebensprozeß könne nicht durch chemische und physikalische Methoden erklärt werden. Müller behauptet dagegen bestimmt, daß es eine besondere „organische Schöpfungskraft“ gäbe, die die notwendige Bedingung des Lebens sei. Er betont die Ähnlichkeit seiner Theorie mit der von Stahl, mit dem Unterschiede jedoch, daß Stahl in der bewußten Seele die Vorbedingung des Lebens sah, während Müller das Bewußtsein für etwas von der organischen Schöpfungskraft getrenntes ansieht. Letztere sei in allen lebenden Wesen vorhanden, während das Bewußtsein, das keine organischen Produkte sondern nur Vorstellungen schaffe, nur bei den höheren Geschöpfen gefunden werde. Diese vernünftige Schöpfungskraft äußere sich bei jedem Tier nach einem strengen Gesetz, das die Natur eines jeden Tieres erheische, sie finde sich im Keim, bevor noch dessen Teile angelegt wären, und bringe diese hervor. „Der Keim ist das Ganze, Potentia; bei der Entwicklung des Keimes entstehen die integrierenden Teile desselben Actu.“ Hier kehrt der Aristotelismus wortgetreu wieder, und noch mehr tritt er in Müllers beständiger Hervorhebung der die Organisation der Lebewesen beherrschenden Zweckmäßigkeit hervor. „Die organischen Körper unterscheiden sich nicht bloß von den unorganischen durch die Art ihrer Zusammensetzung aus Elementen, sondern die beständige Tätigkeit, welche in der lebenden Materie wirkt, schafft auch in den Gesetzen eines vernünftigen Planes mit Zweckmäßigkeit, indem die Teile zum Zwecke eines Ganzen angeordnet werden, und dies ist gerade, was den Organismus auszeichnet“. Hierin sehen wir den Kern von Müllers biologischer Auffassung, und unter den Einzelheiten derselben mag noch hervorgehoben werden, daß er mit großer Bestimmtheit an der Unveränderlichkeit sowohl der Arten als auch der Gattungen und der übrigen höheren systematischen Kategorien im Tier- und Pflanzenreiche festhält, daß er ferner derselben Epigenesislehre huldigt wie C. F. Wolff, den er in hohem Grade bewundert, daß er mit Rudolphi an die Urzeugung der Eingeweidewürmer glaubt, und daß er meint, die Urzeugung von Infusorien könne weder bewiesen noch geleugnet werden.

Daß jene organische Schöpfungskraft ein naturphilosphisches Gedankenprodukt ist, braucht nicht besonders betont zu werden, und

ebenso ist es klar, daß durch sie Verlauf und Zusammenhang der Lebensfunktionen in keiner Weise erklärt werden. Auf sie paßt Galileis schon früher von uns angeführter Ausspruch über Gottes Allmacht als Grund der Naturerscheinungen: man kann aus ihr alles, was man will, herleiten, weil ihr keine Notwendigkeit zugrunde liegt. Eine für Müllers Gedankengang bezeichnende Folgerung ist auch die Zweckmäßigkeit als Gesetz der organischen Entwicklung. Seine starke Betonung der vollkommenen Zweckmäßigkeit der Organismen hängt ohne Zweifel mit seiner oft ausgesprochenen religiösen Ehrfurcht vor der Natur zusammen, die dadurch jedoch in keiner Hinsicht erklärt wird. Die Wissenschaft ist ja stets bestrebt gewesen, ihren Schlußfolgerungen den Charakter mit Notwendigkeit geltender Gesetze zu geben, wo aber die Notwendigkeit nachgewiesen ist, bleibt für die Zweckmäßigkeit kein Raum mehr — niemand hat noch die Zweckmäßigkeit der mathematischen Schlußfolgerungen gepriesen, so nützlich sie auch für die Wissenschaft gewesen sind. Müllers Anschauungsweise ist jedoch in jeder Hinsicht wert, beachtet zu werden, denn sie trug zweifellos in wesentlichem Grade zur Entstehung jener Gedankenrichtung bei, die in den Kreisen der Biologen vor dem Erscheinen der Abstammungslehre herrschte, und aus der der Widerstand gegen diese Lehre hauptsächlich seine Nahrung bezog. Diese romantisch-naturphilosophische Erbschaft Müllers hat sicher noch weitgehendere Nachwirkungen gehabt und sich, wenn auch auf Umwegen, in die biologischen Theorien selbst zur Blütezeit des Darwinismus eingeschlichen.

Der Einfluß von Müllers Handbuch der Physiologie war um so größer, als sein spezieller Teil Angaben von höchstem Werte enthält, die sich auf eigene Arbeitsresultate gründen. Hier finden wir eine besonders sorgfältige und allseitige Erörterung des oben angeführten Gesetzes von den spezifischen Sinnesenergien, ferner eine für jene Zeit unübertroffene Darstellung der Funktionen des Nervensystemes, in der seine oben angeführten Untersuchungen auf diesem Gebiete übersichtlich zusammengestellt werden. Er erklärt die Ganglienzellen des Gehirnes für die Träger seiner Funktionen und ermittelt die Verbindungen zwischen ihnen. Ein besonderes Kapitel unter der Überschrift „Mechanik des Nervenprinzips" ist bemerkenswert als eine Zusammenfassung seiner Ergebnisse, und hier tritt seine ganze scharfe Beobachtungsgabe und Fähigkeit zu kombinieren, von philosophischen Zusätzen nicht gestört, zutage. Auch seine Darstellung des Ernährungs- und Gefäßsystemes ist vorzüglich, wenn auch summarischer.

Als sein „Handbuch" fertig war, verließ Müller das physiologische Gebiet. Wie er selbst angibt, teilte er Rudolphis Widerwillen gegen Experimente an lebenden Tieren, wie sie Magendie und seine Schule ausführten, und sein physiologisches Werk stützt sich in der Tat zu einem

bedeutenden Teil auf vergleichend-anatomische Beobachtungen. Er sah offenbar ein, daß die Physiologie auf diese Weise nicht länger betrieben werden konnte, und ging deshalb ganz und gar zur vergleichenden Anatomie über, die damals noch außerordentlich große unbearbeitete Gebiete aufwies. Eine besonders glückliche Wahl traf Müller, als er sich der Untersuchung des Baues der niedersten Wirbeltiere zuwandte. Unter seinen Arbeiten auf diesem Gebiete finden wir eine Monographie des Lanzettfischchens, die in erschöpfender Weise Rathkes früher von uns angeführtes Werk über dieses Tier vervollständigt. An erster Stelle jedoch muß in dieser Gruppe sein monumentales Werk über das Skelettsystem, die Muskeln und Nerven der Myxinoiden genannt werden, an dem er fast ein Jahrzehnt gearbeitet hat. Er wählte diese primitivste Gruppe in der Ordnung der Rundmäuler zur Bearbeitung aus, weil, wie er sagt, die Grenzformen einer Klasse am meisten das Interesse auf sich lenken, da sie einen Teil der Merkmale ihrer Klasse verlieren und darum den Klassentypus in seiner einfachsten Form zeigen. Das Werk enthält eine mustergültig genaue Einzelbeschreibung der erwähnten Organe des Schleimaals und seiner afrikanischen Verwandten, und gibt im Anschluß daran eine bis in die Einzelheiten gehende Vergleichung der Skelett-, Muskel- und Nervensysteme bei sämtlichen Wirbeltieren. Nicht nur die Gewissenhaftigkeit dieser Arbeit machte sie zu einem Vorbild für kommende Zeiten, sondern auch die Methode; das Ausgehen von einer Spezialuntersuchung und das Vergleichen ihrer Ergebnisse mit den Verhältnissen bei nahen Verwandten des Untersuchungsobjektes, um auf diese Weise den Zusammenhang der Formen innerhalb einer weiteren oder engeren Gruppe von Lebenstypen zu beleuchten, fand viel Nachahmung während einer ganzen Epoche und ist auch heute noch nicht abgetan. Eine Darlegung im einzelnen der von Müller in diesem Werk veröffentlichten Ergebnisse würde zu weit führen. Eines ist aber sicher, daß spätere Untersucher wenig Neues zu seinem Beobachtungsmaterial haben hinzufügen können, und daß auch der vergleichende Teil von monumentalem Werte ist, wenn auch manche Schlußfolgerungen hernach abgelehnt wurden. So z. B. hält sich Müller noch an die Theorie von der Bildung des Schädels aus Wirbeln, und wenn er sie auch vorsichtiger handhabt, als Oken und Goethe, so sind doch seine Schlußfolgerungen weitgehender, als sie in unserer Zeit sein dürften.

Durch diese Beschäftigung mit den erwähnten Meerestieren wurde Müller auf das Gebiet der Meeresforschung geführt, und seine Ferienreisen nach Helgoland, an die skandinavischen Küsten und an das Mittelmeer verlockten ihn unwiderstehlich zum Studium des damals noch äußerst wenig bearbeiteten Seetierlebens. Und auch auf diesem Gebiete hat er, ebenso wie in der Anatomie, bahnbrechend gewirkt. Eine lange Reihe

höchst bedeutender Entdeckungen im Bereiche der Meeresbiologie stammt von ihm, in erster Linie die Beschreibungen einer großen Anzahl von Larven verschiedener Würmer, Echinodermen und Mollusken, deren Entwicklung er selbst, oder nach seinem Beispiel später andere, erforscht haben. Ferner mag hier die Entdeckung der eigentümlichen parasitischen Schnecke Entoconcha erwähnt werden, deren Entstehung im Wirte, einer Holothurie, er jedoch nicht klarlegen konnte. Außerdem hat Müller eine Menge interessanter Beobachtungen über das Leben und die Entwicklung von Fischen gemacht. Er ist somit nicht nur ein Bahnbrecher der Meereszoologie, sondern einer von den größten aller Zeiten. Der Gedanke bezüglich der Gründung besonderer Stationen zum Studium des Lebens im Meere wurde von ihm kräftig gefördert, wie er auch bereits einen großen Teil der für solche Arbeiten geeigneten Methodik schuf. Erwähnen wir nun noch, daß Müller als Paläozoologe mit Erfolg Cuviers Beispiel folgte, so gibt alles von ihm Gesagte doch nur ein schwaches Bild von einer der reichsten Forscherpersönlichkeiten, die die Geschichte der Biologie aufzuweisen hat.

Müller war auch hervorragend als Lehrer. Wenige Biologen, wenn überhaupt einer, haben es verstanden, wie er, so viele künftige Forscher von hervorragendster Bedeutung um sich zu sammeln. Einer seiner besten Schüler hat bezeugt, daß der Meister nie Dogmen lehrte, sondern nur seine Methode. Die Schüler durften sich ihre Ansichten selbst bilden, und nur die Methode und die gewonnenen Resultate waren gemeinsam. Daraus erklärt es sich zum Teil, daß so viele selbständig denkende, bahnbrechende Männer der Wissenschaft aus dieser Schule hervorgehen konnten, wie Schwann und Virchow, Henle, Remak, Kölliker, Du Bois-Reymond und Helmholtz. Daß diese so weit verschiedene Forschungsrichtungen einschlugen, ist zum Teil aus demselben Umstande zu erklären, aber natürlich auch durch die unglaubliche Vielseitigkeit des Meisters. Mikroskopie und Zellenforschung wurden hier neben experimenteller Physiologie im engsten Sinne des Wortes ausgebildet. Wir werden mit der Betrachtung der beiden zuerst genannten Forschungszweige beginnen.

Kapitel XXXV.

Mikroskopie und Zytologie.

Die mikroskopische Forschung hatte, wie wir schon früher berichteten, eine Glanzperiode im 17. Jahrhundert zur Zeit von Malpighi und Leeuwenhoek. Darauf folgte in der Entwicklung dieser Methode ein Stillstand, der über ein Jahrhundert dauerte. Im 18. Jahrhundert gab es wohl den einen oder anderen bedeutenden Mikroskopiker, z. B. Lieber-

kühn, aber im allgemeinen wurde in dieser Zeit wenig mit Hilfe von Vergrößerungsmitteln gearbeitet. Die Ursache lag darin, daß die erwähnten Forscher des 17. Jahrhunderts alles geleistet hatten, was mit den ihnen zu Gebote stehenden Instrumenten geleistet werden konnte. Die Mikroskope waren unvollkommen, und die Verbesserungen ließen auf sich warten. Die größte Schwierigkeit bereitete die chromatische Aberration der Linsen, die farblose Gegenstände im Mikroskope in Regenbogenfarben schimmern ließ, was natürlich zu unzähligen falschen Deutungen untersuchter Gegenstände führte. Die Herstellung achromatischer Linsen, die frei von jenem Fehler waren, war nun eine Aufgabe, die viele Forscher jener Zeit beschäftigte, obgleich selbst Newton das Problem für unlöslich erklärt hatte. Schließlich gelang es dem Schweden Samuel Klingenstierna (1698—1765), der Professor der Physik in Upsala war, zu berechnen, wie das achromatische Glas zusammengesetzt sein müßte, und der englische Mechaniker Dollond fertigte nach seinen Angaben die ersten achromatischen Linsen an. Es dauerte aber noch, bis die Erfindung für die Mikroskopie anwendbar wurde. Unter denen, die im Anfang des 19. Jahrhunderts Mikroskope mit achromatischen Linsen konstruierten, sind hier der Franzose Chevalier und der Italiener Amici zu nennen. Besonders die Mikroskope des letzteren waren vortrefflich, und bald gab es in allen Ländern Mikroskopfabrikanten, die immer vollkommenere Instrumente bauten. Es heißt, daß im Jahre 1827 Amici sein erstes achromatisches Linsensystem demonstrierte, und in den dreißiger Jahren erhielten die biologischen Institute, wenigstens die größeren, Exemplare dieser verbesserten Mikroskope. Im Beginn der dreißiger Jahre des 19. Jahrhunderts machte sich auch der erste Aufschwung in der mikroskopischen Biologie bemerkbar, und von da an folgten Schlag auf Schlag die großen Entdeckungen auf diesem Gebiete.

Zwei Gebiete waren es, die die Bahnbrecher der neuen Methode in erster Linie anzogen, einerseits die Erforschung des Baues und der Grundbestandteile der höheren Tiere und Pflanzen und andererseits die Welt der kleinen, selbständig lebenden Wesen, die die neuen Instrumente dem Auge sichtbar machten, die Infusorien, die in Wasseransammlungen, in „Infusionen", d. h. Wasser mit Pflanzenteilen, und kurz gesagt überall in der Natur vorkamen. Das Ergebnis dieser Forschungen war eine ganz neue Auffassung von der Zusammensetzung der Organismen, die Zytologie oder Zellenlehre. Die Darstellung der Entwicklung dieses Zweiges der Wissenschaft hat seine besonderen Schwierigkeiten, denn wie Richard Hertwig treffend bemerkt: „Die Reform der Zellentheorie wurde durch Entdeckungen angebahnt, welche auf sehr verschiedenen Gebieten gewonnen und erst sehr spät in einem Brennpunkt vereinigt worden sind". Es bedarf also einer kurzen Zusammenfassung dieser verschiedenartigen

Entdeckungen, wobei zu bemerken ist, daß viele wichtige Neuerungen auf diesem Gebiete von Personen vorgenommen wurden, die sonst wenig oder gar keinen Einfluß auf den Gang der Entwicklung der Wissenschaft hatten. Der besseren Übersicht wegen müssen wir uns auf die Erwähnung nur der wichtigsten Ereignisse und Personen aus der Geschichte der Zellenforschung beschränken.

Im Anfang der dreißiger Jahre des 19. Jahrhunderts galt in der Zoologie noch die von verschiedenen Forschern mehr oder weniger modifizierte Gewebelehre von Bichat. In der Botanik war es anders. Seit Malpighi und Grew wußte man, daß das Holz der Pflanzen aus Zellen zusammengesetzt ist, aus kleinen Kammern mit mehr oder weniger dicken Wänden, und man stritt sich darüber, inwieweit andere Elemente der Pflanze, besonders die Spiralgefäße und der Bast, kompakt oder zellig wären. Der erste, der den feineren Bau der Tiere und Pflanzen zu vergleichen suchte, war C. F. Wolff. Er war, wie wir wissen, der Ansicht, daß beide als eine Masse kleiner bläschenförmiger Bildungen angelegt werden. Unter den späteren Forschern stellte Blainville eine im vorhergehenden angeführte Theorie von der Zusammensetzung des tierischen Organismus auf, die jedoch keinen Anklang fand, weil sie nicht genug durchgeführt war. Unterdessen arbeitete sich die Zellenlehre langsam vorwärts, wobei die Botaniker fortlaufend die Führung hatten. Anfangs wurde die Frage eifrig erörtert, ob alle Teile der Pflanze aus Zellen beständen, und unter denen, die zur Klarlegung derselben beitrugen, seien hier genannt Charles François Mirbel (1776—1854), Professor der Botanik am Jardin des Plantes, und Ludolf Christian Treviranus (1779—1864), Professor in Bonn und Nachfolger im Amt von Nees von Esenbeck. Mirbel untersuchte besonders die Zellstruktur bei gewissen Moosen, wobei er wertvolle Aufschlüsse gab und ausdrücklich hervorhob, daß die Zelle die Grundlage aller Struktur im Pflanzenreiche wäre. Treviranus machte sich seinerseits verdient hauptsächlich durch seine Beobachtungen über regelmäßige Bewegungen des Zellinhaltes bei einer Anzahl von Pflanzenbildungen und stellte außerdem fest, daß die Spiralgefäße der Pflanzen aus Zellen entstehen, die sich aneinanderlegen und ihre Zwischenwände verlieren. Der Forscher jedoch, der allgemein als der Schöpfer der modernen Pflanzenzytologie bezeichnet wird, ist Hugo Mohl. Er wurde im Jahre 1805 in Stuttgart als Glied einer reich begabten Beamtenfamilie geboren, wurde Doktor der Medizin und zuerst Professor der Physiologie in Bern, von wo er im Jahre 1835 als Professor der Botanik nach Tübingen übersiedelte. Hier blieb er bis zu seinem im Jahre 1872 erfolgten Tode. Sein Leben war das eines anspruchslosen und bescheidenen Gelehrten, der unverheiratet, wie er war, seine Tage im Laboratorium und seine Abende mit einigen Freunden am Stammtische verbrachte. Auch seine Forschung

trägt das Gepräge stillen Fleißes und zeichnet sich aus durch genaue Beobachtung der Erscheinungen, hervorragende Fähigkeit bereits früher bekannte Tatsachen in das rechte Licht zu stellen, gewissenhafte Prüfung der eigenen Ideen und Nachsicht gegen die anderer. Gegen philosophische Spekulationen hatte er einen sehr ausgesprochenen Widerwillen, und er hat auch keine zusammenfassende Darstellung seines Forschungsgebietes gegeben. Seine Leistungen sind erhalten in einer großen Anzahl kleiner Abhandlungen. Die wertvollen Ergebnisse seiner Arbeiten wurden jedoch von der Welt und Nachwelt geschätzt, er erhielt schon zu seinen Lebzeiten viele Auszeichnungen, unter anderen den Adel, und nach seinem Tode stieg sein Ruhm noch mehr.

Unter Mohls Arbeiten müssen wir zuerst seine Beobachtungen über die Zellvermehrung hervorheben. Vor ihm und auch noch später herrschten hierüber verschiedene Ansichten. Er bewies nun klar und überzeugend, daß bei den Algen und auch bei höheren Pflanzen die Zellen in der Weise entstehen, daß sich zwischen schon vorhandenen Zellen neue Scheidewände bilden. Diese Scheidewände wurden von ihm genau untersucht und beschrieben. Die Einzelheiten seiner Forschung und der seiner Zeitgenossen müssen hier übergangen werden, so maßgebend sie auch für die Entwicklung der Pflanzenanatomie waren. Es soll nur noch hervorgehoben werden, daß Mohl die Zellstruktur der Spiralgefäße, des Bastes, der Rinde und anderer in dieser Hinsicht umstrittener Pflanzenteile feststellte. Er untersuchte ferner genau die Entwicklung der Sporen verschiedener Kryptogamen und konnte hierdurch seine Lehre von der Zellteilung stützen und erweitern. In einem anderen Zusammenhang werden wir noch auf seine wichtigen Beiträge auf diesem Gebiete zurückkommen. Im übrigen war er ein geschickter Optiker, und seine „Micrographie", ein Handbuch der Mikroskopie und Mikrotechnik und seinerzeit einzig dastehend, kann auch heute noch mit Nutzen gelesen werden.

Unter den Forschern, die in jener Zeit besonders lebhafter Entwicklung der Zellenforschung zur Klärung der Fragen beitrugen, mag noch der englische Botaniker Robert Brown genannt werden, ein sehr vielseitiger Forscher, dessen Wirken an anderer Stelle im Zusammenhang geschildert werden wird. Hier soll nur hervorgehoben werden, daß er es war, der im Jahre 1831 die Beobachtung veröffentlichte, daß einen wesentlichen Bestandteil in einer jeden Zelle die „Areola", oder wie er sich auch ausdrückt, der Kern bildet. Diesen Zellbestandteil entdeckte er in der Oberhaut von Orchideen und konstatierte hernach sein Vorkommen in einer großen Anzahl anderer Pflanzenzellen. Anderen war es jedoch vorbehalten, seine Bedeutung näher zu erforschen.

Eine neue Richtung erhielt die Zellenforschung durch Matthias Jacob Schleiden, eine der eigentümlichsten Forscherpersönlichkeiten

seiner Zeit. Er wurde im Jahre 1804 in Hamburg als Sohn eines angesehenen Arztes geboren, studierte anfangs Rechtswissenschaft, wurde Doctor juris und ließ sich in seiner Vaterstadt als Advokat nieder. Er hatte jedoch als solcher wenig Erfolg, was seine angeborene Schwermut steigerte. Schließlich schoß er sich eine Kugel vor den Kopf, wurde aber geheilt und widmete sich hernach der Naturwissenschaft. Er promovierte zum Doktor der Philosophie und Medizin, gelangte durch seine Arbeiten zu hohem Ansehen und wurde im Jahre 1850 Professor in Jena. Nach zwölf Jahren nahm er seinen Abschied, war hernach ein Jahr Professor in Dorpat und führte zum Schluß ein unstetes Wanderleben mit kurzem Aufenthalt in verschiedenen Städten Deutschlands, das bis zu seinem Tode im Jahre 1881 dauerte. Dieser Lebenslauf zeugt von einer leidenschaftlichen Persönlichkeit, die sich in mehr als einer Hinsicht auch in seiner wissenschaftlichen Tätigkeit widerspiegelte.

Das Werk, das Schleiden zu einem berühmten Manne machte, war ein Aufsatz in Müllers Archiv vom Jahre 1838 unter dem Titel „Beiträge zur Phytogenesis“. Die Frage, die hier beantwortet werden soll, lautet: Wie entsteht die Zelle. Schleiden geht dabei von Bronws oben genannter Entdeckung des Zellkernes aus, und sein Verdienst besteht darin, daß er die sehr wesentliche Bedeutung desselben erkannte, was Brown selbst nicht vermocht hatte. Vom Kern oder Zytoblast, wie er ihn nannte, ausgehend suchte nun Schleiden den Verlauf der Entwicklung einer Zelle zu rekonstruieren und hatte den glücklichen Gedanken, dabei eine embryonale Zelle ins Auge zu fassen. Die Embryosäcke verschiedener Phanerogamen waren hauptsächlich seine Untersuchungsobjekte. Er studierte genau die Kerne in solchen Zellen und entdeckte in ihnen das Gebilde, welches wir heute Nucleolus oder Kernkörperchen nennen. Diese Entdeckung führte ihn jedoch bei der weiteren Untersuchung auf eine falsche Spur. Er glaubte nämlich zu finden, daß der Nucleolus durch eine Ansammlung körniger Schleimsubstanz in der gleichförmigen Masse, die den Inhalt des Embryosackes bildet und die er für Gummi hielt, entstehe. Um dieses Urgebilde lagere sich dann der übrige Kern ab, und erst nachdem der Kern fertig wäre, setze sich auf seiner Oberfläche eine kleine Blase ab, diese wachse, bis sie den ganzen Kern umschließe, verdicke sich, und damit wäre auch die Zelle fertig gebildet. Während der weiteren Entwicklung der Zelle löse sich in den meisten Fällen der Kern auf, was bekanntlich in Wirklichkeit nicht geschieht. Diese ganze Zellbildungstheorie ist, wie wir sehen, recht entfernt von der Wirklichkeit, und dieser Eindruck wird in den Augen eines modernen Lesers verschärft durch die Menge naturphilosphischer Ausdrücke, wie „potenzierte Zellen“, „edlere Säfte“ und ähnliche, die deutlich an Goethe erinnern. Was jedoch diese Abhandlung zu einer bahnbrechenden macht, ist das starke

Hervorheben der Selbständigkeit der Zelle. Die Pflanze wird hier zum ersten Male als eine Zellengemeinschaft, ein „Polypenstock", wie Schleiden ausdrücklich sagt, aufgefaßt, und von diesem Standpunkt gingen spätere Forscher aus, welche mit mehr Kritik die von Schleiden gegebene Anregung benutzten.

Noch eine bedeutungsvolle Arbeit aus Schleidens Feder ist wert hier genannt zu werden, nämlich seine „Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik", die im Jahre 1842 erschienen und zu ihrer Zeit ein außerordentliches Aufsehen im guten und schlechten Sinne erregten. Dennoch ist das Werk in seiner Art bahnbrechend, denn es enthält eine gründliche Abrechnung sowohl mit dem bis dahin üblichen, rein systematischen Unterricht in der Botanik als auch mit der naturphilosophischen Auffassung der Lebenserscheinungen. In einer weitläufigen „methodologischen Einleitung" gibt Schleiden seine allgemeine Auffassung von der Natur, die den interessantesten Teil des Werkes bildet. Er offenbart hier eine durchdachte, philosophische Naturanschauung, die er sich unter der Leitung von Jacob Friedrich Fries, Professor in Jena und einer der wenigen Denker, die in der Zeit der romantischen Spekulation das Interesse für Kants Denkmethode bewahrten, angeeignet hatte. In Übereinstimmung mit ihm führt Schleiden als Ziel der Naturwissenschaft „die Zurückführung aller physikalischen Theorien auf rein mathematische Erklärungsgründe" an. Mit diesem Ideal einer exakten Forschung vor Augen sucht er, die Botanik zu einer vergleichenden Untersuchung von Lebensformen und Lebenserscheinungen umzugestalten, und zwar mit besonderer Rücksicht auf die Entwicklungsphänomene im Pflanzenreiche. Als Ursache alles Geschehens in der belebten und unbelebten Natur nimmt er eine und dieselbe „formbildende Kraft" an. Dagegen leugnet er bestimmt jede Art von besonderer Lebenskraft und rechnet, wie das früher oft geschah, das Wachstum von Kristallen und Organen zu einer und derselben Kategorie von Phänomenen. Trotzdem spricht er sich mit Bestimmtheit gegen die Urzeugung höherer Tiere aus und verwirft Meckels „biogenetisches Grundgesetz". In rein philosophischer Hinsicht hält er gleich Kant den Gegensatz zwischen Subjekt und Objekt und somit auch zwischen Geist und Materie aufrecht. Schellings und Hegels Lehren von der Einheit des Geistes und der Materie fertigt er mit Spott und Hohn ab. Er kam wegen seiner „Freidenkerei" in Konflikt mit den Theologen, denn diese waren damals Monisten im Anschluß an Hegel, während der Dualismus von ihren Gegnern unter den Biologen vertreten wurde. Zu Haeckels Zeit kehrte sich dieses Verhältnis um, was darauf hindeutet, daß der Gegensatz für die streitenden Parteien wesentlicher als die Sache selbst war.

Im speziellen Teile seines Handbuches gibt Schleiden eine Darstellung der Zytologie, Morphologie und Physiologie der Pflanzen im

großen und ganzen nach einem Plan, der seitdem in ähnlichen Arbeiten zum Muster genommen wurde, und dessen Aufstellung eine geniale Tat war. Der sachliche Inhalt bietet nicht einmal, vom Standpunkt jener Zeit gesehen, irgendetwas wesentlich Neues. Unter beständiger, oft höchst grober Polemik gegen Botaniker seiner Zeit, von der nur Mohl und Brown verschont bleiben, erfolgt eine Zusammenstellung schon damals bekannter Tatsachen. Über die Zellenbildung wiederholt er seine alte Theorie, obgleich sie schon damals nicht mehr denselben Wert besaß als früher. Ein anderer Forscher war nämlich mit einer ganz neuen Theorie auf diesem Gebiete hervorgetreten, die die ganze weitere Entwicklung beherrschte.

Theodor Schwann wurde im Jahre 1810 in einer kleinen Stadt am Rhein geboren, wo sein Vater Buchhändler war. Er studierte bei J. Müller in Bonn und Berlin und wurde nach bestandener Doktorpromotion der Assistent seines Lehrers. Im Jahre 1839 wurde er als Professor an die katholische Universität Löwen in Belgien berufen und einige Jahre später nach Lüttich, wo er bis kurz vor seinem im Jahre 1882 erfolgten Tode im Amte war. Seinem Wesen nach war er still und zurückgezogen, vermied jede Polemik und nahm Berufungen an deutsche Universitäten nicht an, weil er, wie er sagte, den Streit zwischen den deutschen Histologen nicht mochte. Außerdem war er stets ein frommer Katholik, also in jeder Hinsicht ein Gegensatz zu Schleiden, mit dem er dessenungeachtet auf freundschaftlichem Fuße stand. Seine wissenschaftliche Tätigkeit fällt ausschließlich in die Zeit, wo er bei J. Müller arbeitete, denn es bedurfte offenbar der Willenskraft des Lehrers, um seine gutmütig friedfertige Natur zu Anstrengungen anzuspornen. Als Professor gab er nur noch Lehrbücher und Übersichten heraus. Sein Lehramt verwaltete er mit Gewissenhaftigkeit.

Schwanns Forschung in seiner Berliner Zeit war vielseitig und bedeutungsvoll. In seiner Dissertation behandelt er die Atmung des Hühnerembryos. Er entdeckte das Ferment des Magensaftes und nannte es Pepsin. Er studierte die Infusorien und experimentierte mit Gärungsvorgängen, wobei er die Urzeugung verneinte und erklärte, Gärung und Fäulnis würden von Organismen hervorgerufen. Aber alle diese Arbeiten werden in den Schatten gestellt durch die, welche seinen Ruf als einer von den Bahnbrechern der Biologie befestigte. Es war sein im Jahre 1839 erschienenes Werk „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen“. Er geht in dieser Arbeit von Schleidens oben genannter Zellbildungstheorie aus, die er in jeder Hinsicht annimmt und zu einer allgemeinen Lehre von der Grundlage und dem Ursprung der Lebenserscheinungen erweitert. In der Einleitung erinnert er daran, daß die Biologen früherer

Zeiten den Hauptunterschied zwischen Tieren und Pflanzen darin zu sehen meinten, daß die Tiere ein Gefäßsystem hätten, welches den Pflanzen fehlte. Das „gefäßlose Wachstum" der Pflanzen erklärte man durch ihren zelligen Bau, oder wie man damals sagte, durch die Zusammensetzung der Pflanze aus unabhängigen Einheiten. Schwann entdeckte nun in der Chorda dorsalis von Froschlarven kernhaltige Zellen, ähnlich den Pflanzenzellen, und glaubte sowohl hier als auch im embryonalen Knorpel Zellvermehrung zu sehen, wie sie Schleiden beschrieben hatte. Hierdurch veranlaßt, begann er in allen Geweben des Tierkörpers nach Zellen zu suchen und versuchte durch ihre Untersuchung im Embryonalstadium ihre Entwicklung zu verfolgen. Auf diese Weise gelang es ihm, Zellstrukturen auch in solchen Geweben festzustellen, welche im erwachsenen Zustande schwache oder gar keine Spuren mehr davon aufweisen. Welch einen Einfluß diese Entdeckung auf die Gewebelehre ausübte, ist leicht zu erraten und soll im folgenden beleuchtet werden. Von noch größerer Bedeutung für die Zukunft wurde aber seine allgemeine Zelltheorie, nach der es ein gemeinsames Entwicklungsprinzip für die verschiedensten elementären Teile der Organismen gibt und die Zellbildung dieses Entwicklungsprinzip ist. Diese Auffassung der Zelle als allgemeiner Lebenseinheit und gemeinsamer Grundlage für die Lebenserscheinungen im Tier- und Pflanzenreiche wurde sofort und allgemein angenommen. Ihre Richtigkeit erschien allen so einleuchtend, daß sie keinen nennenswerten Widerstand fand und die Grundlage wurde, auf der die Tier- und Pflanzenbiologie weiter bauen konnte. Dank ihrer konnte erst die heutige Auffassung von den Lebenserscheinungen als einem zusammenhängendem Ganzen zustande kommen, und ohne Schwann hätte der Darwinismus schwerlich siegen können.

Schwanns Zelltheorie ist jedoch noch sehr primitiv. Er nimmt nicht nur Schleidens Ansicht betreffs freier Zellbildung aus Flüssigkeiten an, sondern führt sie noch weiter aus. Aus der Flüssigkeit werde zuerst das Kernkörperchen herauskonzentriert, darauf der Kern und schließlich die Zelle. Diesen Vorgang vergleicht er ausdrücklich mit der Kristallisation, und schließt seine Betrachtung mit einer Erwägung darüber, ob nicht die hohle Form der Zelle durch die „Imbitionsfähigkeit" ihrer Bestandteile zu erklären wäre, also nach der modernen Terminologie durch kolloidale Eigenschaften, oder als eine Art von Kristallisation nichtkristallinischer Stoffe. Denn das Wesentliche an der Zelle ist nach Schwann ihr Hohlraum, ein von Wänden umgebener Raum, der eine Flüssigkeit enthält, die bei Verletzung der Wand herausfließt, und als vorübergehende Bildung einen Kern, der in späteren Entwicklungsstadien verschwindet. Diese Ansichten wurden schon in der nächsten Folgezeit im wesentlichen zurecht gestellt. Im übrigen legte Schwann seine Zellbildungstheorie

einer allgemeinen Theorie vom Leben zugrunde, die bedeutend materialistischer ist als die seines Lehrers J. Müller. Als frommer Christ glaubte er an die der Welt von ihrem Schöpfer verliehene Zweckmäßigkeit, fand aber im Gegensatz zu Müller in der lebenden Natur keine andere oder größere Zweckmäßigkeit, als in der unbelebten. Dieselben rein mechanischen Kräfte formten Zellen wie Kristalle.

Diese soeben geschilderte Zellentheorie, die nach ihren Begründern auch die Schleiden-Schwannsche genannt wird, wurde unmittelbar von anderen Forschern angenommen und weiter ausgeführt, während ihre beiden Urheber, wie gesagt, sich zurückzogen. Die wichtigsten Beiträge zu ihr lieferte schon in den nächstfolgenden Jahren Mohl, der eine Reihe neuer Beobachtungen über die Rolle der Zelle im Pflanzenreiche veröffentlichte. In diesen kleinen, aber bedeutungsvollen Mitteilungen analysiert er die verschiedenen Bestandteile der Zelle. Die Zelle ist auch für ihn noch eine Blase, bestehend aus einer festen Wand und gefüllt mit einer Flüssigkeit. Das Wesentlichste ist für ihn die Beschaffenheit der Zellwände, deren Form, Konsistenz und Verbindungen untereinander in erster Linie beschrieben werden. Nebenbei wird auch der Inhalt der Zelle geschildert, die „dickflüssige Flüssigkeit“, die ihren Grundbestandteil ausmacht, wird eingehend beschrieben, unter anderem auch in Bezug auf ihre vom Italiener Corti entdeckten und von Treviranus wiederentdeckten Strömungen bei verschiedenen Pflanzenformen, z. B. auch bei dem seither klassisch gewordenen Demonstrationsobjekt, dem Haar von Tradescantia. Ebenso wird ferner die Entwicklung des Zelleninhaltes in verschiedenen Altersstufen untersucht, und es werden die dabei entstehenden sekundären Bildungen, Vakuolen, Chlorophyll- und Stärkekörner beschrieben. Mohl benennt die Grundsubstanz in der Zelle Protoplasma und betont damit, daß der Zellinhalt ein eigenartiger Stoff und nicht bloß Schleim von unbestimmter Beschaffenheit ist, wie Schleiden annahm. Der Name, der trotz seiner Weitschweifigkeit bestehen geblieben ist, beruht übrigens auf einer falschen Annahme, daß alle Bestandteile des Zellinhaltes, namentlich auch der Kern, aus dieser Grundsubstanz, dem „Urschleim“, beständen. Den Kern schildert Mohl mit größerer Genauigkeit als seine Vorgänger. Freilich hält auch er ihn noch für ein Derivat des Protoplasmas, das, entstanden durch Ansammlung körniger Substanz bei jungen Zellen, bei älteren verschwindet, aber zur grob mechanischen Ausfällungstheorie von Schleiden und Schwann verhält er sich doch zurückhaltend. Vor allem aber führt er die Teilung als den normalen Modus der Zellvermehrung an und beschränkt die freie Zellbildung ausschließlich auf den Embryosack. Auch hinsichtlich der Ernährungsphysiologie der Zelle führt Mohl interessante Beobachtungen an, auf die wir hier jedoch nicht eingehen können.

Wichtige Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Zelle liefert in derselben Zeit Karl Nägeli, ein Forscher dessen weit umfassendes Wirken im folgenden geschildert werden soll. In einer Abhandlung über Pollenbildung bei Phanerogamen, namentlich bei Liliengewächsen, beschreibt er (im Jahre 1842) Zellteilungen mit einer noch nicht dagewesenen Sorgfalt und Zuverlässigkeit. Auch die Kernteilung hat er genau beobachtet und nennt die Chromosomen „transitorische Zytoblasten", obschon er mit den ungenügenden Hilfsmitteln seiner Zeit den Verlauf weder bis zum Ende verfolgen, noch richtig deuten konnte.

Während demnach die Lehre von den Pflanzenzellen rasche Fortschritte machte, stand die Forschung über die Tierzelle keineswegs still. Unter denen, die an der Bearbeitung dieses Forschungsgebietes teilnahmen, kann hier nur eine Anzahl von den am meisten ausschlaggebenden erwähnt werden, zuerst einige von Johannes Müllers Schülern, Henle, Reichert, Remak und Kölliker.

Jacob Henle, geboren in Fürth bei Nürnberg im Jahre 1809, war der Sohn eines jüdischen Kaufmannes, der später sich und seine Familie taufen ließ. Er studierte in Bonn bei Müller, dessen Prosektor er hernach in Berlin wurde. Hier war er jedoch politischen Verfolgungen ausgesetzt, weil er liberal und Mitglied einer Burschenschaft war. Er wurde deshalb, gleich vielen anderen jungen Männern in jener Zeit, von der preußischen Ordnungsmacht verhaftet und nach langen Gerichtsverhandlungen als Hochverräter verurteilt. Das Ansehen, das er als Gelehrter genoß, rettete ihn jedoch von weiteren Unannehmlichkeiten. Unter anderem trat auch Humboldt für ihn ein, und er wurde begnadigt, konnte aber auf keine Beförderung mehr seitens der preußischen Regierung rechnen. Im Jahre 1840 wurde er Professor in Zürich, später in Heidelberg und zum Schluß, im Jahre 1852, in Göttingen, wo er bis zu seinem im Jahre 1885 erfolgten Tode wirkte.

Unter Müllers Leitung arbeitete Henle sowohl als Anatom als auch als Evertebratenforscher und hernach auch als Pathologe. Seine zytologischen Arbeiten finden sich in einer Anzahl von Einzelabhandlungen und auch in seiner „Allgemeinen Anatomie", einem für jene Zeit vorzüglichem Werk. Unter seinen Arbeiten auf dem Gebiete der wirbellosen Tiere ist seine Entdeckung der Haarbalgmilbe allgemein bekannt. Die beste seiner Spezialarbeiten ist jedoch seine Untersuchung der Histologie des Darmepithels, in dem er die zylindrischen Epithelzellen entdeckte und das Vorkommen von Platten- und Zylinderepithel in verschiedenen Teilen des Verdauungskanales nachwies. Auch das Flimmerepithel und seine Verbreitung hat er genau studiert, und der Begriff „Epithel" ist überhaupt von ihm geschaffen worden. Im Anschluß an die Schleimhaut

des Darmes studierte er mit großer Sorgfalt die Chylusgefäße und besonders ihre Endverzweigungen, die bis dahin falsch gedeutet wurden.

Henles „Allgemeine Anatomie“ ist das erste Handbuch der Histologie, das sich ganz auf die Zytologie gründet und zweifellos seit Bichat das bahnbrechendste. Es beginnt mit einem Kapitel über Tierchemie nach damaligen Begriffen und schildert darauf die Rolle der Zellen als Elementargebilde. Seine Zelltheorie ist im allgemeinen die von Schleiden und Schwann, wie wir sie oben schilderten. Der Kern bildet sich durch eine Anhäufung von körniger Substanz, und die um den Kern entstandene Zelle besteht aus der Membran, dem Kern und einem flüssigen Inhalt. Die Zellteilung wird für das Tierreich in Abrede gestellt, und die Zellbildung vielmehr mit Emulsionsvorgängen verglichen, die beim Zusammenschütteln von Öl und Eiweiß entstehen, einem Vorgang, der bekanntlich in unseren Tagen unendlich variiert worden ist. Dagegen wird Schwanns Vergleich zwischen Zellbildung und Kristallisation abgelehnt. Hinsichtlich der Spekulationen über die vitalen Grundphänomene verhält sich Henle durchaus kritisch. „Eine physiologische Tatsache erklären“, sagt er, „heißt, um es mit einem Worte zu sagen, ihre Notwendigkeit aus dem physikalischen und chemischen Gesetze ableiten. Allerdings geben auch diese über die letzten Gründe keinen Aufschluß, aber sie machen es möglich, eine Menge von Einzelheiten unter einem Gesichtspunkte zu vereinigen.“ Über die zu seiner Zeit allgemein angenommene Lebenskraft fällt er das treffende Urteil: „Die Lebenskraft ist formell eine ebenso gute Erklärung wie die Schwerkraft, allein es ist eine Kraft mehr, und dies widerstrebt unserm nach Einheit ringenden Geiste.“

Darauf geht Henle über zu einer Darstellung der Gewebe, in erster Linie des Epithelialsystemes, das er ja am besten beherrschte und in der Tat vorzüglich behandelt hat. Auch andere Einzelheiten sind vortrefflich dargestellt, besonders die Gefäßmuskulatur, welche hier zum ersten Male einwandfrei behandelt wurde. Hinsichtlich der Einteilung der Gewebe steht Henle begreiflicherweise bedeutend höher als Bichat, wenn auch sein System vom heutigen Standpunkt aus schwerfällig erscheint, besonders in betreff der heute Stützgewebe genannten Bildungen, die in einer Menge oft recht unglücklich abgefaßter Unterrubriken verteilt sind. Ein anderes schwaches Kapitel ist das über das Drüsensystem, zu dessen Entschuldigung Henle selbst auf die wenigen auf diesem Gebiete vorhandenen Untersuchungen hinweist. Im allgemeinen verdient Henles allgemeine Anatomie das von einem jüngeren Histologen gefällte Urteil, es habe den Grund zur Histologie unserer Tage gelegt und werde deshalb auch in Zukunft seine Bedeutung haben.

Karl Bogislaus Reichert wurde im Jahre 1811 in einer kleinen Stadt Ostpreußens geboren, wo sein Vater Bürgermeister war, studierte

in Königsberg bei von Baer und in Berlin bei J. Müller, wurde als Professor nach Dorpat, dann nach Breslau und zuletzt nach Berlin berufen, wo er nach Müllers Tode, als dessen Professur geteilt wurde, die Anatomie übernahm. Diese Professur bekleidete er bis zu seinem Tode im Jahre 1883. Er begann seine Laufbahn als vergleichender Anatom mit einer verdienstvollen Arbeit über die Entwicklung der Kiemenbogen bei den Wirbeltieren und einem anderen hervorragenden Werk über die embryonale Entwicklung des Froschkopfes. Darauf widmete er sich in Schwanns Geiste der Zytologie und wandte dessen Lehren bei der Untersuchung der Entwicklung des Froscheies an, freilich nicht ohne den Mißgriff, der seiner Zeit entsprach und darin bestand, daß er die einzelnen Körnchen im Dotter des Eies für selbständige Zellen hielt. Seine Beobachtungen über die aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien sind jedoch mit großer Sorgfalt ausgeführt, und er stellt fest, daß die Furchungsprodukte Zellen sind, aus denen sich der Embryo bildet. Auch die seitdem so viel angewandten Ausdrücke „Bildungs-“ und „Nahrungsdotter“ stammen von ihm her. Ein paar Arbeiten über die Keimblätterentwicklung enthalten ebenfalls gute Beobachtungen. In einer von ihnen finden sich einige allgemeine Betrachtungen über Organbildung durch Einstülpung, die in gewisser Hinsicht als Vorläufer von Haeckels Gastraeatheorie zu betrachten sind. Reicherts größter Erfolg ist jedoch seine Untersuchung der Entwicklung der Bindesubstanz. Diesen Begriff hat er zur Bezeichnung einer Anzahl von verbindenden Gewebselementen verschiedener Struktur eingeführt und entwicklungsgeschichtlich begründet. Im Alter war Reichert ganz vereinsamt. Er verhielt sich zur neuen Protoplasmatheorie und noch mehr zur Abstammungstheorie abweisend und zeigte offen sein Mißvergnügen über den Sieg dieser Richtungen. Auf das schärfste griff er besonders Haeckels Theorie von der Homologie der Keimblätter im ganzen Tierreiche an, wobei er die selbständige Entstehung der einzelnen Organe betonte. Er, der von Haeckel und seinen Zeitgenossen verachtet wurde, ist erst durch die Forschung späterer Zeiten in gewisser Hinsicht rehabilitiert worden, worüber in einem folgenden Kapitel die Rede sein wird.

Robert Remak wurde im Jahre 1815 in Posen geboren. Er war ebenso wie Henle jüdischer Herkunft, blieb aber im Gegensatz zu diesem dem Glauben seiner Väter treu. Nachdem er bei Müller studiert hatte, wurde er unter ihm Dozent und erhielt später den Titel Professor, aber nie eine etatsmäßige Anstellung. Er erwarb sich seinen Unterhalt durch ärztliche Praxis, was ihn mit der Zeit der Wissenschaft entfremdete. Er starb im Jahre 1865. Seine Beiträge zur Zellforschung liegen im Bereiche der Neurologie und der Embryologie. Er entdeckte und beschrieb die nach ihm benannten sympathischen Nervenfasern und stellte fest, daß im

Embryonalleben die Nerven in Form von Fasern entstehen, die aus den Nervenzellen herauswachsen. Vor allem muß er aber als Gegner der Schwannschen Theorie von der freien Zellbildung genannt werden. Er studierte die Entwicklung des Froscheies und stellte dabei fest, daß das Ei eine Zelle ist, welche sich in neue Zellen teilt, und daß diese Teilung von den Kernen ausgeht. Zellenbildung durch Anhäufung ungeformter Materie erkennt er nicht an. Ferner verglich er die Entwicklung des Froscheies mit dem des Vogels und schuf für diese beiden Eitypen die Benennungen holoblastisch und meroblastisch, die heute noch gebraucht werden. Er unterscheidet drei Keimschichten, von denen er annimmt, daß sie für die Embryonalentwicklung aller Wirbeltiere gemeinsam sind und folgende Organkomplexe aus sich hervorgehen lassen, die äußerste das Nervensystem, die mittlere die Muskulatur und die innerste den Darmkanal. Diese Beobachtungen hat die moderne Forschung bestätigt. Im Alter widmete sich Remak der Elektrotherapie, die er mit wertvollen Beiträgen bereicherte, was jedoch nicht in die Geschichte der Biologie gehört.

Rudolf Albert Kölliker wurde im Jahre 1817 in Zürich als Sohn eines wohlhabenden Kaufmannes geboren. Er studierte in seiner Vaterstadt und hörte unter anderem Zoologie beim alten Oken, kam später nach Berlin, wo er unter der Leitung von J. Müller und Henle in deren Forschungsmethoden eingeführt wurde. Als Henle nach Zürich kam, wurde Kölliker sein Prosektor. Im Jahre 1847 wurde er als Professor nach Würzburg berufen, wo er bis 1902 unterrichtete. Er nahm dann seinen Abschied und starb drei Jahre später. Er blieb stets Schweizerbürger. Als Lehrer war er einer der hervorragendsten seiner Zeit, und aus seiner Schule gingen viele von den hervorragendsten Biologen der späteren Zeit hervor.

Ebenso wunderbar lang wie seine Tätigkeit als Lehrer dauerte auch sein Wirken als Forscher. Er arbeitete bis weit hinein in das 9. Jahrzehnt seines Lebens und bis zuletzt mit Erfolg. Der spätere Abschnitt seiner Forschertätigkeit gehört also dem nächsten Zeitabschnitt an. Als Forscher war er in erster Linie Mikroskopiker und den roten Faden in seinem Wirken bildet die mikroskopische Methode, die er auf einer großen Anzahl von Forschungsgebieten anwandte und stets mit Erfolg, obgleich sich keine große Entdeckung oder Idee von allererstem Rang an seinen Namen knüpft. In seinem im Jahre 1852 erschienenen „Handbuch der Gewebelehre des Menschen", das als die erste moderne Histologie bezeichnet zu werden verdient, gibt er eine vorzügliche Zusammenfassung des Wissens seiner Zeit auf diesem Gebiete. Die äußere Darstellungsform dieses Buches ist nachher mit den durch den Fortschritt der Wissenschaft bedingten Veränderungen in einer Menge von Lehrbüchern auf diesem Gebiete nachgeahmt worden.

Kölliker stellt hier unparteiisch und umsichtig die Zellen- und Gewebelehre seiner Zeit dar. Er leugnet zwar nicht ganz die freie Zellbildung, schränkt ihr Vorkommen aber so viel als möglich ein. Die Zellen selbst läßt er aus körnchen- und bläschenartigen Elementarteilchen bestehen, denen er eine gewisse Selbständigkeit im Wachstum und in der Entwicklung zuschreibt, eine Idee, die später von vielen anderen ausgebaut worden ist. Mit Bestimmtheit betont er die große Rolle des Kernes im Leben der Zelle, bei ihrer Vermehrung und ihren übrigen Lebensäußerungen. Seine systematische Einteilung der Gewebe muß hier übergangen werden. Reicherts Kategorie der Bindesubstanz nimmt er nicht auf, aber sonst ist seine Einteilung übersichtlich und klar und seine Darstellung des Baues und der Lebensäußerungen der Gewebe reich an originellen Beobachtungen und der Form nach vorzüglich. Ein anderes vortreffliches Buch hat Kölliker in seiner „Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere“ (1861) veröffentlicht, eine klare und übersichtliche Zusammenfassung des embryologischen Wissens seiner Zeit.

Von Köllikers zahlreichen eigenen Untersuchungen können hier nur wenige seiner wichtigsten angeführt werden, sofern sie zu dem hier behandelten Zeitabschnitt gehören. Unter ihnen findet sich seine Untersuchung über die Spermatozoen (1841), in der er nachweist, daß sie keine Parasiten, sondern wirkliche Geschlechtsprodukte sind, und ferner seine schöne Monographie über die „Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden“ (1844), die er gelegentlich eines Besuches in Neapel bearbeitete, und die einen Bericht über die Eifurchung und Embryonalentwicklung dieser Tiere enthält, zu dem die spätere Forschung wenig hat hinzufügen können. Von großer Bedeutung war auch seine Untersuchung der glatten Muskulatur, deren Elemente er zum ersten Male deutlich isolierte und als einzellige Fibrillen beschrieb und deren Verbreitung in verschiedenen Organen des Menschen und der Säugetiere er mit einer bis dahin nicht gekannten Vollständigkeit feststellte. Henle hatte freilich die Muskulatur der Blutgefäße konstatiert, aber Kölliker war es, der ihre Beschaffenheit klarlegte. Auch auf dem Gebiete der Neurologie lieferte er wichtige Beiträge. Er bewies, daß die Nervenfasern mit Fortsätzen der Ganglienzellen in Verbindung stehen, und fand wichtige Tatsachen hinsichtlich des Baues der letzteren. Es mag noch erwähnt werden, daß Kölliker auch wertvolle Untersuchungen an gewissen einzelligen Tieren, z. B. an Gregarinen, gemacht hat, um eine Vorstellung von der seltenen Vielseitigkeit seiner Forschertätigkeit zu geben.

Neben Kölliker verdient Franz Leydig (1821—1905) genannt zu werden, der aus Württemberg gebürtig, 1875—1895 in Bonn Professor war. Als Zytologe zeichnete er sich besonders durch seine Untersuchungen an wirbellosen Tieren aus. Sein „Lehrbuch der Histologie“

schenkt, was sehr bezeichnend ist, den Geweben der wirbellosen Tiere ebenso viel Beachtung, wie denen der Wirbeltiere, und legt damit den Grund zu der vergleichenden Histologie, die später eine so umfassende Entwicklung erfuhr.

Leydigs Einteilung der Gewebe entspricht mehr als die Köllikers, der heute üblichen. So vereinigt er in der Rubrik der Bindesubstanzen mit den Bindegeweben auch den Knorpel und sogar das Knochengewebe, das Reichert noch gesondert bespricht. Seine Darstellung des Lebens und der Entwicklung der Zelle ist auch moderner als bei Kölliker, obgleich Leydigs Buch nur vier Jahre später als das von Kölliker erschien, aber in jener Zeit machte die Zytologie jährlich sehr große Fortschritte. In Leydigs Werk finden wir einen großen Teil seiner eigenen bahnbrechenden Forschungsergebnisse, unter denen in erster Linie seine genauen Beobachtungen über den Bau der Insekten, namentlich ihrer Verdauungs-, Drüsen- und Sinnesorgane, zu nennen sind. Die übrigen außerordentlich gewissenhaften mikroskopischen Untersuchungen Leydigs über Würmer, Mollusken und auch Wirbeltiere gehören zur speziellen Fachliteratur und können von keinem Histologen vom Fach übersehen werden, aber hier gestattet der Raum kein näheres Eingehen.

In eine neue Phase trat die Zellenforschung durch Rudolf Ludwig Carl Virchow. Er wurde im Jahre 1821 in Pommern als Sohn eines Dorfhändlers geboren und studierte Medizin. Als ein Schüler von J. Müller wurde er nach beendetem Studium Assistent am Krankenhause der Charité in Berlin und erwarb sich früh durch seine Schriften auf dem Gebiete der Pathologie Ansehen, wozu auch sein Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie beitrug, das er im Jahre 1847 gründete und bis zu seinem Tode herausgab. Von der Regierung als Arzt in einen Fabrikdistrikt Schlesiens gesandt, wo eine schwere Typhusepidemie herrschte, erregte er in den Kreisen der hohen Bürokratie Erbitterung durch seinen offiziellen Bericht, in welchem er als die wahre Ursache der Krankheit, die soziale Not in jenem Distrikt, hinstellte. Da er sich dazu noch während des Revolutionsjahres 1848 der Opposition anschloß, wurde er aus dem Dienste entlassen. Er zog nach Würzburg, wurde dort Professor der pathologischen Anatomie und entwickelte eine glänzende Tätigkeit als Forscher und Lehrer, so daß seine Schule bald mit der seines Lehrers J. Müller konkurrierte. Die preußische Regierung berief ihn im Jahre 1856 nach Berlin zurück, wo er bis kurz vor seinem Tode eine der größten Zierden der Universität war. Er starb im Jahre 1902 infolge eines Unglücksfalles. Seinen freisinnigen Ideen blieb er stets treu und führte als Mitglied des preußischen Landtages und deutschen Reichstages unentwegt die Sache des Liberalismus während der beständigen Konflikte mit Bismarck und seinen Anhängern. Gegen einen solchen Gegner war Virchow natürlich

machtlos, und seine rein politische Tätigkeit trug keine Früchte. Außerordentlich wichtig war dagegen sein Einfluß auf das Gesundheitswesen in Deutschland, und es ist zum größten Teil sein Verdienst, daß es für andere Länder vorbildlich wurde. Seine Arbeitskraft reichte für alles hin, ebensowohl für Organisation der Müllabfuhr in Berlin wie für die Einrichtung von Sanitätszügen während des Krieges von 1870. Vor allem aber bildet doch die Krankenpflege in Berlin ein unvergängliches Denkmal seines organisatorischen Talentes.

Als Forscher war Virchow eigentlich Pathologe, und die Krankheiten und ihre Ursachen waren Gegenstand seiner Untersuchungen. Auf diesem Wege kam er dazu, sich mit der Frage von den Zellen als den Grundbestandteilen des gesunden und kranken Körpers zu befassen, und in der Mitte der 50iger Jahre legte er den Grund zu seiner „Zellularpathologie", einer Theorie von den Zellen als den wirklichen Ursachen der Krankheiten. Als aber ein Jahrzehnt später die Bakteriologie sich anfing durchzusetzen, wollte er nicht mehr mitmachen. Eine große Arbeit über Geschwülste, die er herausgab, blieb unvollendet, und er widmete sich hernach neben der Politik meist anthropologischen und archäologischen Fragen. Aber auch auf diesen Gebieten wirkte er manches Wertvolle und nicht zum mindesten durch seine Anregung. So z. B. ist das große Museum für Völkerkunde in Berlin seine Schöpfung, aber diese Tätigkeit kann sich doch nicht mit der seiner Jugendzeit messen.

Die große Bedeutung von Virchows Zellularpathologie für die Entwicklung der Biologie bestand darin, daß er, wie kein anderer, die Eigenschaft der Zelle als selbständige Lebenseinheit betonte. Er leugnete jede Form von Urzeugung sowohl innerhalb von Organismen, als auch außen in der Natur. Ebensowenig wie ein Spulwurm aus Darmschleim oder ein Infusor aus faulenden Stoffen entsteht, könne die physiologische oder pathologische Gewebelehre zugeben, daß eine Zelle „aus irgend einer unzelligen Substanz" sich aufbaue. Und er sagt weiter: „Wo eine Zelle entsteht, da muß eine Zelle vorausgegangen sein, ebenso wie das Tier nur aus dem Tiere, die Pflanze nur aus der Pflanze entstehen kann." Dieser Grundsatz bezüglich der Zellvermehrung und somit auch der Rolle, die die Zelle im Organismus überhaupt spielt, ist Virchows großer Einsatz in der Geschichte der Biologie. Selbst wandte er sein Prinzip meist auf dem Gebiete der Pathologie an, wo er mit seiner Hilfe eine neue Theorie der Entstehung von Geschwülsten und anderen Neubildungen und der Eiterkörperchen schuf. Im übrigen war seine Auffassung von der Zelle keineswegs originell, denn er nennt als notwendige Bestandteile der Zelle Membran und Kern und sieht den übrigen „flüssigen" Inhalt für weniger wesentlich an. In seiner allgemeinen Auffassung der Lebenserscheinungen verhält sich Virchow in gewisser Hinsicht schwankend. Einerseits

behauptet er, es gäbe eine besondere Lebenskraft, und das Leben sei nicht ein mechanisches Resultat der Molekülkräfte der Körperteile, aber andererseits hält er diese Lebenskraft für wahrscheinlich mechanischen Ursprungs. Während seines ganzen Lebens war Virchow ein sehr streitbarer Mann, der heftig seine Meinung verteidigte. Besonders mit Haeckel, der einst sein Schüler gewesen war, hatte er gewaltige Konflikte sowohl in wissenschaftlichen als auch in sozialen Fragen, die von beiden gern miteinander vermischt wurden. Diese Kämpfe gehören jedoch zum nächsten Zeitabschnitt.

Die heute geltende Auffassung von dem Leben und den Bestandteilen der Zelle ist von Max Schultze geschaffen worden, einem Manne, der sich trotz seines kurzen Lebens einen dauernden Platz in der Geschichte der Biologie errungen hat. Max Johann Sigismund Schultze wurde im Jahre 1825 in Freiburg geboren und studierte in Greifswald, wo sein Vater, wie vorher in Freiburg, Professor war. Außerdem hörte er eine kürzere Zeit J. Müllers Vorlesungen in Berlin. Eine zeitlang war er Dozent in Halle, wurde darauf als Professor nach Bonn berufen und wirkte hier mit Erfolg, aber starb schon im Jahre 1874.

Schultzes Arbeitsfeld war weitumfassend, und seine mikroskopischen Studien betrafen etliche Tierklassen. Besonders berühmt sind seine Arbeiten über die einzelligen Tiere, welche im folgenden nochmals berührt werden sollen. Sie bilden die Grundlage seiner Zelltheorie. Außerdem hat er wichtige Untersuchungen über die mikroskopische Anatomie von Würmern und Mollusken gemacht. Bei den Wirbeltieren hat er die Endverzweigungen des Nervensystems studiert und wichtige Beiträge zur Kenntnis des Baues der elektrischen Organe geliefert. Aber alle diese Arbeiten, so verdienstvoll sie an sich auch sein mögen, werden an Bedeutung übertroffen von einer kleinen Abhandlung im Archiv für Anatomie und Physiologie aus dem Jahre 1861 unter dem Titel „Über Muskelkörperchen und was man eine Zelle zu nennen habe". Durch diese hat Schultze den Grund zu unserer heutigen Auffassung der Zelle gelegt. Er beginnt den Aufsatz mit der Frage, was das Wesentlichste an einer Zelle sei. Die alte Theorie, welche auch, wie wir sahen, Virchow angenommen hatte, antwortete darauf, die Zelle sei eine Blase, umgeben von einer Membran, in deren Innerem ein Kern und ein flüssiger Inhalt wären. Schultze weist an den embryonalen Zellen nach, daß sie aus einem Protplasmaklümpchen und einem Kern bestehen, aber ohne Membranen sind, und daß das, was man früher für eine diese Zellen umgebende Membran gehalten, und was gewisse Forscher durch chemische Mittel sichtbar machten, ein Kunstprodukt sei. Er betont ferner, daß nur Zellen ohne Membran sich vermehren könnten, und daß mit Membranen versehene Zellen eine beschränkte Verbreitung und begrenzte Dauer hätten,

sie könnten mit eingekapselten Infusorien oder eingesperrten Tieren verglichen werden. Und die Substanz, die in den verschiedenen Geweben die Kerne umgebe, wie Muskelfibrillen und Bindesubstanz, sei nicht, wie man behauptete, ein für die Zelle fremder Stoff, sondern eine Modifikation des Protoplasmas selbst. Deshalb seien das Protoplasma und der Kern die Träger aller Lebensäußerungen der Zelle, und den Namen Protoplasma, der früher nur von den Botanikern gebraucht wurde, führt er als allgemeine Bezeichnung der Grundsubstanz der Zelle ein. Im Anschluß hieran wird diese Substanz im Hinblick auf ihr Verhalten bei Pflanzen, niederen und höheren Tieren charakterisiert. Er betont, daß der Zellkörper keineswegs eine Flüssigkeit sei, sondern ein Stoff von bestimmter Form und einer Konsistenz, die je nach den verschiedenen Tierformen und Zellarten wechsele. Das Protoplasma sei in Wasser unlöslich und könne sich, wenn ihm die Möglichkeit geboten würde, in unter verschiedenen Umständen verschiedener und charakteristischer Weise bewegen. Bisweilen könnten auch viele Kerne von einem gemeinsamen Protoplasma umgeben sein, das hernach Zellgrenzen bilden und so gesonderte Zellen hervorbringen könne. Für ein solches aus Kern und Protoplasma bestehendes Lebenselement behält Schultze den Namen Zelle bei, und diese Benennung ist seither geblieben, wenn sie auch unlogisch ist, da ja das Wort Zelle einen durch Wände begrenzten Raum bezeichnet, während die lebende Zelle sich gerade dadurch auszeichnet, daß ihr die Wände fehlen.

Durch diese Ausführungen von M. Schultze erhielt die Zellforschung eine Grundlage, die noch heute besteht, und damit begann eine neue Ära in dieser Wissenschaft. Die Hilfsmittel, die den Forschern der geschilderten Periode zur Verfügung standen, waren verhältnismäßig beschränkt. Das Mikroskop war von primitiver Konstruktion, und damit wurden die Zellen und Gewebe in ihrem natürlichen Zustande oder höchstens nach vorhergegangener Zerzupfung studiert. Aber gerade in dieser Übergangszeit wurde eine bedeutend vollkommenere Methodik ausgearbeitet, indem nicht nur die Mikroskope schnell verbessert, sondern auch mechanische und chemische, früher unbekannte Hilfsmittel erfunden und verbreitet wurden. Von Konservierungsmitteln kannte man früher nur den Spiritus und gewisse Salzlösungen, die, wie auch das Kochen, angewandt wurden, um den zu untersuchenden Gegenständen größere Härte zu verleihen. Nun führte man die Methode ein, mittels verschiedener, für jedem besonderen Zweck ausgearbeiteter Mittel die Strukturen zu „fixieren", welche man untersuchen wollte. Von diesen Mitteln wurde die Chromsäure bereits in den dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts von Jacobson, und gleichzeitig das Kaliumbichromat von Heinrich Müller eingeführt, die Osmiumsäure in den sechziger Jahren von Schultze,

und seitdem ist eine Menge solcher Mittel erfunden worden. Durch Anwendung verschiedener Farbstoffe gelang es, die so fixierten Strukturen auch auf den dünnsten und durchsichtigsten Schnitten deutlich hervortreten zu lassen. Im Jahre 1849 führte Harting die Karminfärbung ein, und 1863 wurde das aus dem Campecheholz hergestellte Hämatoxylin von Waldeyer in Aufnahme gebracht und gleichzeitig von Benecke die Färbung mit Anilinverbindungen, die seitdem bekanntlich in nahezu unübersehbarer Anzahl hergestellt wurden. Im Jahre 1870 führte His das Mikrotom ein, dessen Konstruktion seitdem auf verschiedene Weise abgeändert worden ist. Die neuen Entdeckungen, welche durch diese Methodik möglich wurden, gehören der folgenden Periode an.

Kapitel XXXVI.

Die weitere Entwicklung der Biologie bis zum Auftreten des Darwinismus.

1. Experimentelle Forschungen.

Während die biologische Forschung die im vorigen Kapitel geschilderte reiche Ausbeute gab, wurde sie auf zwei verschiedenen Gebieten in besonders wirkungsvoller Weise von anderen Naturwissenschaften beeinflußt. Im vorhergehenden ist geschildert worden, wie die Chemie besonders durch Berzelius zu Untersuchungen auf dem Gebiete der Lebewesen verwendet wurde, und wie eine große Menge Stoffe von sehr eigenartiger Natur analysiert und beschrieben wurden. Diese Stoffe, die nirgends in der unbelebten Natur vorkommen und folglich nur dem Leben ihren Ursprung verdanken, wurden organische Verbindungen genannt. Ihr Vorhandensein hielt man für den deutlichsten Beweis, daß das Leben von allen Erscheinungen in der leblosen Natur wesensverschieden wäre, ja sogar unabhängig von den chemischen und physikalischen Gesetzen, welche die leblosen Dinge beherrschen. Die organische Chemie wurde daher, je mehr sie sich entwickelte, die stärkste Stütze der Theorie von einer besonderen Lebenskraft, der notwendigen Voraussetzung für alles Geschehen in der lebenden Natur. Die Theorien hinsichtlich einer solchen Kraft verbreiteten sich immer mehr unter den Biologen. Wie wir sahen, hatte sich Johannes Müller einer solchen Lehre angeschlossen und mit ihm viele seiner Schüler. Sogar Gegner aller Spekulationen, wie Magendie, überzeugten sich von der Ungültigkeit der gewöhnlichen chemischen Gesetze in der lebenden Natur. Unter solchen Verhältnissen war es, wo Wöhler seine für die naturwissenschaftliche Forschung hochbedeutende Tätigkeit entfaltete.

Friedrich Wöhler wurde im Jahre 1800 nahe bei Frankfurt a. M. geboren. Er wurde Arzt, aber widmete sich nach Erlangung des Doktorgrades ganz und gar der Chemie. Um in diesem Fache die damals bestmögliche Ausbildung zu erhalten, begab er sich nach Schweden, wo er unter der Leitung von Berzelius in dessen Laboratorium arbeitete. In die Heimat zurückgekehrt, wurde er Lehrer an einer Gewerbeschule in Berlin und schließlich Professor in Göttingen, wo er im Jahre 1882 starb. Er war ein sehr bedeutender Forscher auf dem Gebiete der Chemie, aber alle seine übrigen Arbeiten werden übertroffen durch seine im Jahre 1828 veröffentlichte Synthese des Harnstoffes aus Cyanammonium. Hiermit war also zum ersten Male ein Stoff von ausgeprägt „vitaler“ Beschaffenheit hergestellt worden aus Bestandteilen, die ihrerseits aus den einfachsten anorganischen Grundstoffen gewonnen werden konnten. Dieser ersten Synthese organischer Substanz aus anorganischen Stoffen folgten bekanntlich zahllose andere, und die organische Chemie, von der man einst meinte, sie beschäftigte sich mit Stoffen, die das Leben hervorbringe und die man nie auf andere Weise herstellen könne, wurde hierdurch eine Chemie der Kohlenstoffverbindungen, deren Eigenart auf der Beschaffenheit der Grundstoffe beruht, mit denen sie operiert, die sich aber im übrigen der Methoden und Theorien der allgemeinen Chemie bedient. Somit wurde die Chemie zu einer Wissenschaft von den Vorgängen, die überall in der Natur von denselben Gesetzen beherrscht werden, und es entstand eine neue Möglichkeit, getrennte Phänomene unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt zu vereinigen.

Von noch eingreifenderer Bedeutung war jedoch eine andere Entdeckung, die etwas später gemacht wurde und zur Aufstellung des bekannten Gesetzes von der Unzerstörbarkeit der Energie führte. In älterer Zeit hielt man die Wärme für einen Stoff, eine Art „Fluidum“ ähnlich der Elektrizität, und obgleich Lavoisier ihre Unwägbarkeit festgestellt hatte, blieben seine Schüler doch bei der alten Auffassung. Allmählich jedoch wurde die Aufmerksamkeit wieder auf die seit den urältesten Zeiten bekannte Tatsache gelenkt, daß die Wärme durch Reibung entstehen kann, und man zog daraus den Schluß, daß ein Zusammenhang zwischen Wärme und mechanischer Arbeit bestehe. Das dabei herrschende gesetzmäßige Verhältnis wurde in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts gleichzeitig von mehreren unabhängig von einander arbeitenden Forschern ermittelt — ein Beweis, wie reif zur Entscheidung diese Frage war. Obgleich dieser Gegenstand ganz in das Gebiet der Physik gehört, nahmen doch zwei Forscher von wesentlich biologischer Schulung entscheidenden Anteil an der Klärung der Frage, und dieser Umstand veranlaßt uns, ebenso wie die Wichtigkeit der Frage selbst, näher auf sie einzugehen.

Julius Robert Mayer wurde im Jahre 1814 in Heilbronn als Sohn eines wohlhabenden Apothekers geboren. Er studierte Medizin und ließ sich als praktischer Arzt in seiner Vaterstadt nieder. Gelockt durch den Wunsch, die Welt kennen zu lernen, nahm er Anstellung als Arzt auf einem holländischen Schiff und segelte nach Java. Heimgekehrt setzte er seine Praxis in Heilbronn fort, wo er auch im Jahre 1878 starb.

Während seines Aufenthaltes in Java hatte Mayer beobachtet, daß bei Aderlässen das venöse Blut eine viel hellere Farbe hat als in Europa. Er forschte nach der Ursache und kam schließlich auf den Gedanken, daß der Stoffwechsel im Körper von der Lufttemperatur abhängig wäre: je höher die Temperatur, um so geringer brauche der Stoffwechsel zu sein, damit der Körper unter Beibehaltung seiner normalen Wärme seine normale Arbeit verrichten könne. Aber alsdann müsse auch ein bestimmtes Verhältnis zwischen der durch Verbrennung im Körper erzeugten Wärme und der zur selben Zeit vom Körper geleisteten Arbeit bestehen, oder allgemeiner ausgedrückt: eine gewisse Wärmemenge müsse einer gewissen Arbeitsmenge entsprechen. Nach seiner Heimkehr veröffentlichte Mayer im Jahre 1842 in Liebigs „Annalen der Chemie" einen Aufsatz, in dem er seine Theorie auseinandersetzte und im Anschluß an sie die heute noch gebräuchliche Methode der Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents mitteilte, d. h. des Verhältnisses der Wärmeeinheit, die nötig ist, um eine bestimmte Menge Wasser auf einen Grad zu erwärmen, und der Arbeitseinheit, der Kraft, die nötig ist, um ein bestimmtes Gewicht auf eine bestimmte Höhe zu heben, in unseren Tagen 1 kg auf 1 m. Die von ihm für dieses Verhältnis angegebene Zahl erwies sich freilich später als unrichtig. Bald nachdem Mayers Mitteilung erschienen war, veröffentlichte der englische Physiker J. P. Joule eine auf jahrelange Experimente gegründete Theorie desselben Inhaltes, wie die von Mayer, aber mit einer richtigeren Zahl für das Wärmeäquivalent und mit einer gründlicheren, durch viele Tatsachen gestützten Beweisführung. Im Jahre 1847 erschien Helmholtz Abhandlung „Von der Erhaltung der Kraft", in der das Gesetz von der Erhaltung der Energie allseitig beleuchtet und mathematisch formuliert wird. Unterdessen hatte Mayer weiter an seiner Theorie gearbeitet, und von besonderem Wert für die Biologie war seine Abhandlung „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel", welche im Jahre 1845 als Broschüre erschien, da die Redaktionen der Zeitschriften sie zurückgewiesen hatten. In ihr wendet er das Gesetz von der Erhaltung der Energie auf die Lebenserscheinungen im Tier- und Pflanzenreiche an, berichtet über das gegenseitige Verhältnis zwischen Muskelarbeit und Verdauung beim Kraftverbrauch des Körpers und hebt dabei den Assimilationsprozeß der Pflanzen als Grundlage des Lebens auf der Erde und die Sonnenenergie als ihre

äußerste Quelle hervor. Infolgedessen hält er es für überflüssig, eine besondere Lebenskraft als Quelle für den Stoffwechsel im lebenden Körper anzunehmen, was den Biologen der damaligen Zeit nicht gefiel, zumal auch die ganze Lehre von der Erhaltung der Kraft bei den älteren Physikern auf Widerstand stieß. Als diese Theorie endlich siegte, meinte Mayer in seinem Prioritätrecht nicht genügend anerkannt zu sein, und das verwundete sein von Natur empfindsames Gemüt, welches im Revolutionsjahr 1848 noch schwereren Erschütterungen ausgesetzt war. Er war nämlich in politischer und religiöser Hinsicht streng konservativ und geriet dadurch in einen Gegensatz zu den meisten anderen Naturforschern, die in der Regel liberal waren, und sogar zu seinen Brüdern, die an der Revolution teilnahmen. Sein Nervensystem wurde durch alles dieses völlig zerrüttet, und er wurde nach einem Selbstmordversuch interniert und entsprechend den Methoden seiner Zeit in die Zwangsjacke gesteckt. Seine Kräfte kehrten jedoch langsam zurück, und ihm wurde im Alter die Genugtuung, allgemein als der anerkannt zu werden, der zuerst das Prinzip von der Erhaltung der Energie vorgebracht hatte.

Von Mayers Konkurrenten gehört Joule ganz und gar der Geschichte der Physik an. Helmholtz dagegen wirkte sowohl als Physiker als auch als Biologe und verdient darum hier näher besprochen zu werden. Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz wurde im Jahre 1821 zu Potsdam geboren, wo sein Vater Gymnasiallehrer war. Er studierte Medizin in Berlin, wo er zu J. Müllers Schülerkreise gehörte, wurde 1849 als Professor der Physiologie nach Königsberg berufen, bekleidete später dasselbe Amt in Bonn und Heidelberg, wurde aber im Jahre 1871 Professor der Physik in Berlin und ein wenig später Leiter der neu gegründeten physikalischen Versuchsanstalt in Charlottenburg. Dieses Amt behielt er bis zu seinem Tode im Jahre 1894. Allgemein angesehen als einer der hervorragendsten Gelehrten seiner Zeit wurden ihm viele in- und ausländische Ehrenbeweise zu teil. Seine Forscherlaufbahn ist eine der vielseitigsten in der Geschichte der Naturwissenschaften in der neueren Zeit. Er war, wie seine Laufbahn zeigt, sowohl in der Biologie als auch in der Physik Fachmann und außerdem hervorragend als Mathematiker und Philosoph, Stilist und Redner. Seine Doktordissertation war eine wertvolle Abhandlung über die Ganglienzellen und die von ihnen ausgehenden Nervenfortsätze bei verschiedenen Tierformen. Von grundlegender Bedeutung waren seine Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Empfindungen in den Nervenfasern. Noch bedeutender aber waren seine Arbeiten über die Physiologie der Sinne, und besonders die Physiologie des Sehens ist im wesentlichen von ihm geschaffen worden. Er konstruierte den Augenspiegel, mit dem der Arzt seitdem die Netzhaut des Auges beschauen kann, er entdeckte die Akkomodation der

Linse, und er ist der Schöpfer der Lehre von den Farben und Farbenempfindungen, die jetzt in unserer Zeit Geltung hat. Auch die Physiologie des Gehörs ist von ihm begründet worden. Er hat die Verbindung und die Funktion der Gehörknöchelchen und die Rolle des Cortischen Organs ermittelt. Ferner hat er die Sinnesempfindungen vom rein theoretischen Gesichtspunkt aus bearbeitet und dabei so abstrakte und komplizierte Fragen behandelt, wie das Verhältnis der geometrischen Größen zu den Sinneswahrnehmungen und die hierauf beruhende Berechtigung der geometrischen Lehrsätze. Seine rein physikalischen und mathematischen Arbeiten liegen natürlich nicht im Rahmen unserer Darstellung. Die oben angeführte Abhandlung „Über die Erhaltung der Kraft" erfordert jedoch eine nähere Besprechung. Durch sie erhielt das Gesetz von der Erhaltung der Energie seine seitdem gültige theoretische Formulierung. Helmholtz, der ja zugleich Physiker, Mathematiker und Biologe war, besaß darum auch die nötigen Voraussetzungen, die exakte Formulierung dieses allgemeingültigen Prinzips auf empirischer Grundlage durchzuführen, und sein Name wurde in der nächstfolgenden Zeit oft genug im Zusammenhang mit dieser durchgreifenden Umgestaltung der allgemeinen Naturauffassung genannt. Indessen sollte aber gerade diese Leistung Helmholtz verschiedene Unannehmlichkeiten bereiten. In seiner Abhandlung hatte er Mayer nicht erwähnt, weil er nichts von seinem ersten Aufsatz wußte, erkannte aber in einem späteren Vortrage Mayers Priorität voll an. Das genügte aber Mayers Bewunderern nicht, und einer von ihnen, der Dozent der Philosophie E. Dühring, richtete einen äußerst bitteren und persönlichen Angriff gegen Helmholtz, als hätte dieser sich jene ihm nicht zukommende Ehre zugeschanzt. Über Dühring wurde eine Disziplinarstrafe verhängt, aber Helmholtz schwieg bis der vom Siechtum gebrochene Mayer gestorben war, und ergriff erst dann wieder das Wort in der Sache, um darzulegen, wie Mayer, dem alle Anerkennung für Genie und Priorität gebühre, dennoch seine Ansicht mehr auf Spekulation als auf empirische Forschung gegründet habe. Und darin hatte Helmholtz zweifellos recht, denn Mayer war kein Experimentalforscher; er hat nie über ein Laboratorium verfügt, aber er war ein genialer Denker, der gestützt auf die Beobachtungen anderer und mit Hilfe seiner eigenen Ideen auf theoretischem Wege seine bahnbrechenden Resultate erreichte. Jedoch zeigt die Geschichte der Naturwissenschaften, daß solche theoretischen Schlußfolgerungen selten eine Bedeutung erlangen, die den aus eigenen empirischen Beobachtungen gezogenen Schlüssen entspricht. Und Mayer war noch außerdem durch Krankheit verhindert, seine Ideen, wie er sonst wohl getan hätte, zu Ende zu führen. Nun aber mußte er die Ehre mit dem Experimentator Joule und Helmholtz, dem allseitig gebildeten Denker und Beobachter,

teilen. Alle drei haben dazu beigetragen, das Prinzip der Erhaltung der Energie, die größte theoretische Errungenschaft des vorigen Jahrhunderts auf dem Gebiete der Naturwissenschaften, durchzuführen.

Durch das Prinzip der Unvergänglichkeit der Energie erhielt das Studium der lebenden Organismen einen bedeutenden Aufschwung. Man beeilte sich, die neue Auffassung, die alle Phänomene des Daseins, sowohl des belebten als auch des unbelebten Seins, in einen einzigen einfachen und übersichtlichen ursächlichen Zusammenhang brachte und die Hoffnung erweckte, daß auch die kompliziertesten Lebensäußerungen auf die einfachen, in der Physik und Chemie angewendeten Erklärungsprinzipien zurückgeführt werden könnten, auf so viele Lebenserscheinungen als möglich anzuwenden. Die folgenden Jahrzehnte bilden daher eine Glanzperiode der experimentellen Physiologie, deren Ziele und Methoden sich in dieser Zeit ausgestalten, und die nun in den medizinischen Fakultäten der Universitäten ihre eigenen Vertreter und eigene mit besonderen Hilfsmitteln ausgerüstete Laboratorien erhält. Ein paar von den bedeutendsten Vertretern dieser Forschungsrichtung sollen hier angeführt werden als Beispiele dafür, was die Physiologie jener Zeit anstrebte und wie sie ihre Ziele zu erreichen suchte.

Emil Du Bois-Reymond wurde im Jahre 1818 in Berlin geboren. Seine Eltern waren französischer Herkunft und stammten aus Neuchâtel, das damals zu Preußen gehörte. Einige Zeit nach der Geburt des Sohnes zogen sie in ihre Heimat zurück, und der Knabe wuchs demnach in einer französischen Umgebung auf, wurde aber, zumal sein Vater preußischer Beamter war, im Sinne einer starken Ergebenheit für Preußen erzogen. Nach beendigter Schule kam er deshalb auch nach Berlin auf die Universität, wo er sich nach einigem Schwanken für das medizinische Studium entschloß und Schüler von J. Müller wurde. Im Jahre 1858 wurde er Müllers Nachfolger als Professor der Physiologie und bekleidete diese Stellung bis an seinen Tod im Jahre 1896. Einen großen Schülerkreis hatte er nie. Desto größer war der Einfluß, den er als Sekretär der Berliner Akademie der Wissenschaften auf das gebildete Publikum hatte. Die Vorträge, die er in dieser Eigenschaft jährlich halten mußte, gestalteten sich zu glänzenden Erzeugnissen der Redekunst. Sie betrafen meist Gegenstände aus der Theorie oder Geschichte der Naturwissenschaften, berührten aber gelegentlich auch politische Tagesfragen, denn Du Bois-Reymond war trotz seiner französischen Muttersprache ein überzeugter deutscher und vor allem preußischer Patriot mit einer fast devoten Verehrung für die Königsfamilie. In diesen Vorträgen, die in der deutschen Literatur von bleibendem Werte sind, zeigt sich seine hohe allgemein wissenschaftliche Bildung und die Schärfe seiner Gedanken.

Im Jahre 1840 erhielt Du Bois-Reymond von J. Müller die Aufgabe, die elektrischen Strömungsphänomene im Nerven- und Muskelsystem zu studieren und wurde hierdurch in ein Forschungsgebiet eingeführt, das er später nie verlassen hat. Seine Ergebnisse hat er in einem großen Werk „Untersuchungen über tierische Elektrizität“ veröffentlicht, dessen erster Teil im Jahre 1848 erschien. Der letzte Teil des unbeendigt gebliebenen Werkes erschien im Jahre 1884. Selten hat, wie R. Tigerstedt mit Recht hervorhebt, ein Forscher sich so lange ausschließlich mit einem so begrenzten Gebiet beschäftigt. Daß Du Bois-Reymond trotzdem zu den bahnbrechenden Naturforschern seiner Zeit gezählt werden muß, beruht auf den allgemeinen Grundsätzen, die er ausspricht und konsequent in seiner Forschung befolgt. Im Vorwort zu seinem großen Werk teilt er seine Auffassung vom innersten Wesen der Lebensvorgänge mit, und wahrscheinlich hat nie vorher und selten nach ihm die vitalistische Theorie bezüglich ihrer schwachen Seiten eine so scharfe und treffende Kritik erfahren wie hier. Die alte Lebenskraft wird von allen Seiten untersucht, und ihre Stützen werden eine nach der anderen vernichtet. Die besondere Zweckmäßigkeit der lebenden Organismen, von der J. Müller so überzeugt war, wird widerlegt durch seinen Hinweis auf die ebenso große Zweckmäßigkeit des leblosen Weltalls. Die Eigenschaft der Lebenskraft, den chemischen Zerfall des Organismus zu verhindern, diese Grundlage von Stahls und Bichats System, wird ebenfalls verworfen im Hinblick darauf, daß eine Kraft, die ohne weiteres ihre materielle Unterlage verläßt, nicht denkbar sei, denn Kraft sei nichts anderes als eine Eigenschaft der Materie und beide gehörten zusammen als ein Ausdruck der Naturvorgänge, wie sie die Wissenschaft sich denke. Kraft und Materie seien „von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommene Abstraktionen der Dinge wie sie sind. Sie ergänzen einander und sie setzen einander voraus“. Er zieht hieraus den kühnen Schluß, daß der Unterschied zwischen der organischen und der anorganischen Natur ganz willkürlich angenommen sei, und findet hierfür eine Stütze im Grundsatz von der Erhaltung der Kraft, wie ihn Helmholtz formuliert hat. Und wenn, meint er, die Organismen Erscheinungen zeigten, die in der anorganischen Natur nicht vorkämen, so könne das darauf beruhen, das erstere Grundstoffe enthielten, die, obgleich mit denselben und keinen anderen Eigenschaften ausgerüstet, neue Verbindungen miteinander eingingen und deshalb neue Eigenschaften zeigten. Die Physiologie sollte deshalb ganz in der organischen Physik und Chemie aufgehen. Sein eigener Beitrag zu diesem Programm waren seine Untersuchungen über die elektrischen Phänomene im Tierreiche. Seine wichtigste Entdeckung auf diesem Gebiete ist die Tatsache, daß die Muskeln und Nerven im Zustande der Tätigkeit elektrische Ströme aufweisen, die beobachtet und mit den ge-

wöhnlichen Hilfsmitteln der Elektrophysik gemessen werden können. Durch seine Studien an diesen Strömen bewies er in der Tat, daß Vorgänge, die in unzweideutigster Weise zu den Lebensäußerungen gehören, ganz ebenso exakt behandelt werden können wie gewöhnliche physikalische Phänomene, und stützte dadurch in greifbarster Weise seine Theorie von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Lebensvorgänge. Seine Erklärung dieser elektrischen Phänomene begründete er jedoch durch eine Theorie, die nicht standgehalten hat, daß nämlich die Muskeln und Nerven aus einer Art von elektrischen Molekülen zusammengesetzt wären. Überhaupt war es ein Fehler der Physiologen jener Zeit, daß sie die komplizierten Strukturverhältnisse der Zellen und Gewebe übersahen und dadurch verleitet wurden, die Lebensvorgänge schematischer, als sie in Wirklichkeit sind, zu behandeln.

Außer dieser engumgrenzten, aber dennoch bedeutungsvollen Spezialforschung hat Du Bois-Reymond, wie gesagt, eine Menge Anregungen in allgemein wissenschaftlichen Fragen gegeben. Besonders bemerkenswert ist sein Vortrag „Über die Grenzen des Naturerkennens“ (1872), in dem er zum Schluß gelangt, daß die Biologie, auch wenn sie dahin kommen sollte, die Gesetze der Lebenserscheinungen ebenso vollkommen zu beherrschen, wie die Astronomen die Bewegungen der Himmelskörper berechnen, doch nie werde angeben können, was Materie oder was Bewußtsein sei. Von diesen beiden Grundbegriffen müsse die Wissenschaft nicht nur sagen „ignoramus“ sondern auch „ignorabimus“. Dieser Ausspruch, der von vielen Seiten uneingeschränktes Lob erfuhr, unter anderen seitens eines so scharfsinnigen Denkers wie Albert Lange, erregte andererseits im Lager der radikalen Naturforscher eine außerordentliche Erbitterung, der namentlich Haeckel Ausdruck verlieh. Übrigens gehört diese Angelegenheit, ebenso wie Du Bois-Reymonds Ausspruch über die Abstammungslehre, zum folgenden Zeitabschnitt und wird mit jenem besprochen werden.

Neben Helmholtz und Du Bois-Reymond tritt als Bahnbrecher auf dem Gebiete der exakten Physiologie Karl Friedrich Wilhelm Ludwig hervor. Er wurde im Jahre 1816 in Hessen geboren, studierte in Marburg und Erlangen und kam nach Erlangung des Doktorgrades auf einige Zeit nach Berlin, wo er sich dem Kreise von J. Müller anschloß, ohne jedoch direkt als sein Schüler gelten zu können. Er wurde im Jahre 1846 Professor der Physiologie in Zürich, wurde von dort nach Wien und schließlich nach Leipzig berufen, wo für ihn ein neues Institut errichtet wurde. Hier wirkte er 30 Jahre als Professor und umgab sich mit Schülern aus allen Ländern. Er besaß ein außerordentliches Organisationstalent, das sich hauptsächlich darin äußerte, wie er die Arbeiten seiner Schüler anordnete und leitete. Anfangs entwickelte er mit ihrer Hilfe

eine bedeutende schriftstellerische Tätigkeit. In späteren Jahren aber zog er es vor, anspruchslos wie er war, seine Schüler die Arbeiten veröffentlichen zu lassen, die er angeregt hatte. Allgemein verehrt arbeitete er mit unverminderter Kraft bis zu seinem Tode, der im Jahre 1895 erfolgte.

Ludwigs Originaluntersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf die Funktionen der vegetativen Organe. Er ermittelte den Zusammenhang zwischen der Speicheldrüsensekretion und den Nerven, welche die Organe beeinflussen. Ferner untersuchte er im einzelnen die Tätigkeit des Herzens und analysierte ihre verschiedenen Phasen, machte experimentelle Untersuchungen über den Blutkreislauf und wertvolle Messungen der Geschwindigkeit des Blutstromes. Dabei erfand er die graphische Methode, die seitdem eine so große Rolle in der Physiologie spielt. In seinem „Lehrbuch der Physiologie" aus dem Jahre 1852 stellt er seine Ansichten über die Lebensvorgänge zusammen und beginnt bezeichnenderweise mit einem Kapitel über die „Physiologie der Atome", das eigentlich eine Übersicht über die Tierchemie ist, während das folgende Kapitel, „Physiologie der Aggregatzustände", Lösungs-, Diffusions- und Strömungsphänomene behandelt. In Übereinstimmung hiermit werden auch die Funktionen der verschiedenen Organe aus rein physikalischem und chemischem Gesichtspunkt dargestellt, wobei natürlich das Spezialgebiet des Verfassers, die Zirkulations- und Sekretionsphänomene, besonders eingehend und sachkundig behandelt werden. In demselben Sinne lehrte natürlicherweise Ludwig, und durch seine Schüler wurde die oben geschilderte Auffassung der Lebenserscheinungen in allen Kulturländern verbreitet.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die Entwicklung der Biologie war es also, daß die Lebenserscheinungen durch dieselbe experimentelle Methode ihre Erklärung fanden, die vorher innerhalb der Physik und Chemie ausgebildet war, und daß ein für allemal festgestellt wurde, daß dieselben Prozesse, die in der anorganischen Natur vor sich gehen, auch bei den lebenden Organismen vorkommen, oder mit anderen Worten, daß jeder Lebensprozeß seinen rein physikalisch-chemischen Verlauf hat. Der große Fortschritt führte jedoch, wie gewöhnlich, zu einer Überschätzung der Möglichkeiten, die sich für die Wissenschaft auftaten. Die Bahnbrecher der experimentellen Biologie übersahen, wie R. Tigerstedt mit Recht bemerkt, ganz und gar die Rolle, welche die Zelle und ihre besonderen Strukturformen in den Lebensvorgängen spielen. Sie sahen im lebenden Körper nur ein Wirkungsfeld einfacher physischer und chemischer Prozesse und übersahen die komplizierten Strukturen, welche die Grundbedingung für die Wirksamkeit dieser Kräfte ausmachen, und durch die die Lebensvorgänge in der Tat unendlich viel komplizierter werden, als sie zugeben wollten. Als hernach die Kenntnis der

Zellstrukturen sich immer mehr vertiefte, erwachte zugleich ein Mißtrauen gegen die übertrieben einfache Auffassung der Lebenserscheinungen, welches wiederum eine Rückkehr zur vitalistischen Biologie verursachte, die durch die exakte Physiologie für immer aus der Welt geschafft zu sein schien. Mit diesem sogenannten Neovitalismus werden wir uns später zu beschäftigen haben.

2. Morphologie und Systematik.

Für die vergleichende Anatomie und die Morphologie war die Zeit, die nun geschildert werden soll, eine Übergangsperiode, während welcher Reste alter naturphilosophischer Anschauungsweise neben neueren, durch die im vorhergehenden erwähnten Entdeckungen hervorgerufenen Ideen auftreten. Und außerdem finden wir in der Forschung dieser Zeit vieles, was das Auftreten der Abstammungslehre ahnen läßt. Eine Übersicht über die wichtigsten Erscheinungen in der morphologischen Forschung dieser Zeit dürfte daher einen geeigneten Übergang bilden zur Beschreibung der großen Umwälzung in dem sechsten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts.

Gleichzeitig mit J. Müller in Deutschland wirkte in England ein vergleichender Anatom von mehr als gewöhnlicher Bedeutung. Richard Owen wurde im Jahre 1804 zu Lancaster als Sohn eines Kaufmannes geboren. In der Schule zeigte er wenig Begabung und wurde deshalb Lehrling bei einem Apotheker. Hernach studierte er jedoch Medizin in Edinburgh und erhielt den Doktortitel. Als praktischer Arzt in London tätig widmete er seine freien Stunden anatomischen Studien und wurde wegen seiner Arbeiten auf diesem Gebiete zum Assistenten am Hunterschen Museum und nach Charles Bells Weggang zum Direktor desselben Museums ernannt. Im Jahre 1860 wurde er Leiter der naturwissenschaftlichen Abteilung des Britischen Museums, deren Überführung nach South Kensinton er leitete. Sehr lange war es ihm vergönnt, auf seinem Posten auszuharren; erst mit 80 Jahren nahm er seinen Abschied und lebte darauf noch einige Jahre in stiller Zurückgezogenheit, bis er nach längerer Gebrechlichkeit im Jahre 1892 starb.

Owen wird allgemein als der größte vergleichende Anatom Englands bezeichnet. Sein Wirken war außerordentlich vielseitig, und in seiner Stellung als Leiter eines der größten Museen der Welt hatte er Gelegenheit, eine Menge lebende und ausgestorbene Tierformen zu untersuchen, die er in sorgfältig ausgeführten und mit Abbildungen versehenen Abhandlungen beschrieb. Unter solchen Einzeluntersuchungen mag die Beschreibung des Nautilus genannt sein, des ersten Exemplares mit dem Tier selbst, dessen Schale schon im Altertum bekannt war, ferner die

Anatomie der Brachiopoden und der Lungenfische. Außerdem veröffentlichte er eingehende Untersuchungen über den Gorilla und andere seltene Affenformen und über das eigentümliche Fingertier von Madagaskar. Von fossilen Tieren sind zu nennen der Urvogel, Archaeopteryx, und Neu-Seelands ausgestorbene Riesenvögel. Auch seines monumentalen Werkes über die Zahnformen der Wirbeltiere sei hier gedacht. Auf Grund dieses einzig dastehenden, reichen Tatsachenmaterials baute er eine Menge theoretischer Spekulationen hinsichtlich der Organisation des ganzen Tierreiches auf, die von großem Einfluß auf die Biologie der darauf folgenden Zeit gewesen sind. In einem der Vorlesungskurse, die er als Leiter des Huntermuseums jährlich über die vergleichende Anatomie halten mußte, geht er aus vom Plan seines Vorgängers, ein und dasselbe Organ durch alle Tiergruppen zu verfolgen, und kombiniert diese Idee mit Cuviers Grundsatz bezüglich der Untersuchung des gegenseitigen Verhaltens der verschiedenen Organe bei einer und derselben Tierform, um auf diese Weise die Ursachen der Veränderung zu ermitteln, die die Organe bei verschiedenen Tiertypen erlitten haben. Er hält nämlich von Anfang an an Cuviers Typentheorie fest und verwirft Bonnets einfache Entwicklungsreihe im Tierreiche. Bei dieser Vergleichung stellt er fest, daß eine und dieselbe Funktion bei verschiedenen Tierformen teils von gleichartigen, teils von ungleichartigen Organen ausgeübt werden kann. Der fliegende Drache z. B. fliegt mittels seiner gespreizten Rippen, der fliegende Fisch und der Vogel mit Hilfe der vorderen Gliedmaßen und die Insekten mittels Hautfalten, die ursprünglich Kiemen waren. Diese Idee verdankte er nach seiner eigenen Aussage Oken. Die Kiemen der Fische und die Lungen der höheren Tiere haben zwar dieselbe Funktion, obgleich sie nicht dasselbe Organ sind, während dagegen die Schwimmblase und die Lungen einander entsprechen, was durch die Befunde bei den Lungenfischen bewiesen wird. Dieses gegensätzliche Verhältnis zwischen Funktion und Beschaffenheit von Organen drückt er mit den Worten Analogie und Homologie aus. Analog nennt er „einen Teil oder ein Organ bei einem Tier, das dieselbe Funktion hat, wie ein anderer Teil oder ein anderes Organ bei einem anderen Tier", und homolog „dasselbe Organ bei verschiedenen Tieren trotz beliebiger Veränderung von Form und Funktion". Die Homologien bilden natürlich den Gegenstand seines besonderen Interesses, besonders bei den Wirbeltieren, deren Skelette er aus diesem Gesichtspunkte zum Gegenstande einer besonderen Arbeit machte. Er unterscheidet hier drei verschiedene Arten von Homologie: Die spezielle Homologie oder die Übereinstimmung zwischen einem Teil oder einem Organ mit einem Teil oder einem Organ bei einem anderen Tier, die generelle Homologie oder das Verhältnis zwischen einem Organ oder einer Reihe solcher und dem allgemeinen Typus, nach welchem das betreffende Tier

gebaut ist, und schließlich die Serienhomologie, die man heute als metamere Homologie bezeichnen würde, bei der gewisse Organe desselben Individuums Segment für Segment sich wiederholen. Diese verschiedenen Formen von Homologie werden an der Hand einer Menge von Beispielen erläutert. Besonders die spezielle Homologie wird eingehend behandelt und dabei wird, ausdrücklich nach Linnés Beispiel, eine einheitliche Nomenklatur für die homologen Knochen in der ganzen Reihe der Wirbeltiere durchgeführt. Viele Knochen, die bis dahin durch wortreiche Beschreibungen gekennzeichnet wurden, erhalten zum ersten Male eigene Namen, während andere ungeeignete Bennennungen ausgemerzt werden.

Jeder, der die vergleichende Anatomie unserer Zeit einigermaßen kennt, wird sofort verstehen, wieviel diese von Owen geschaffenen Begriffe und Ideen für die heutige Biologie bedeuten. Der Homologiebegriff ist ja zu einem der festesten Grundsteine der vergleichenden Anatomie geworden, wenn auch seine Bedeutung im Laufe der Zeit einigen Schwankungen unterworfen gewesen ist. Was die Anwendung im einzelnen betrifft, so finden wir den Vergleich zwischen Schwimmblase und Lungen, die Ableitung der Insektenflügel von Atemorganen usw. unter den in der modernen Entwicklungslehre am häufigsten angeführten Argumenten. Und dennoch war Owen in seiner allgemeinen Auffassung keineswegs ein moderner Biologe, sondern stand der romantischen Naturphilosophie bedeutend näher. Er war ein großer Bewunderer von Oken, den er als einen besonders tief denkenden Forscher preist, und dessen Theorie von der Zusammensetzung des Schädels aus Wirbeln er annahm und anzuwenden suchte. Er bewunderte auch in hohem Grade Geoffroy Saint-Hilaire, mit dem er geistig näher verwandt war als mit Vicq d'Azyr und Cuvier. Ähnlich wie Geoffroy spekuliert er über einen gemeinsamen „Archetype" für alle Wirbeltiere, rekonstruiert und bildet einen solchen in seinen Arbeiten ab und bezieht auf ihn seine oben angeführte „generelle Homologie". Von einer Abstammung höherer Lebensformen von niederen und einer darauf beruhenden Ableitung höher entwickelter Organe von primitiveren will er jedoch nichts wissen. Besonders gegen Darwins Lehre verhielt er sich unversöhnlich feindlich und bekämpfte sie nach ihrem Erscheinen in einer anonymen, recht erbitterten Polemik, die freilich einige schwache Punkte traf, aber sehr wenig Verständnis für den wirklichen Wert der Theorie zeigte. Später gab er jedoch unter Hervorhebung des hypothetischen Charakters der Abstammungslehre die Richtigkeit von Lamarcks Behauptung zu, daß nur Individuen existierten und der Artbegriff relativ wäre. Wegen dieser Stellungnahme wurde Owen gegen das Ende seines Lebens immer mehr alleinstehend, und nach seinem Tode wurden in dem von ihm geschaffenen Museum Darwin und Huxley Standbilder errichtet, ihm aber nicht. Dennoch

finden sich tiefe Spuren seines Einflusses auch bei den Vorkämpfern der Abstammungslehre, am meisten bei Haeckel, dessen hervorragendstes Werk schon durch seinen Titel „Generelle Morphologie“ an einen von Owen oben angeführten Ausdruck erinnert, und dessen vergleichend morphologische Methode deutlich den Einfluß des englischen Antidarwinisten zeigt.

Im selben Jahre wie Owen wurde ein anderer von den hervorragendsten Biologen jener Zeit geboren, nämlich Karl Theodor Ernst von Siebold. Sein Vater war zur Zeit seiner Geburt (1804) Professor in Würzburg, wurde aber hernach nach Berlin berufen. Der Sohn studierte bei Rudolphi in Berlin und bei Blumenbach in Göttingen, mußte sich aber nach Erlangung des Doktorgrades der Praxis widmen, zuerst als Landarzt und später in Danzig, wohin er strebte, um Meerestiere untersuchen zu können. Auf Grund seiner Schriften wurde er zuerst als Professor der Anatomie und Physiologie nach Erlangen und nach Purkinjes Weggang nach Breslau berufen. Zum Schluß war er Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie in München, wo er im Jahre 1885 starb, nachdem er schon einige Jahre früher wegen Kränklichkeit vom Amte zurückgetreten war.

Mit Siebold verdient hier auch sein Freund Friedrich Hermann Stannius (1808—1883) genannt zu werden. Geboren in Hamburg studierte er in Breslau und in Berlin bei J. Müller, wo er auch Dozent wurde, und erhielt sodann in Rostock eine Professur. Diese kleine und vernachlässigte Universität wurde infolge seiner Wirksamkeit allgemein angesehen. Leider brach seine Laufbahn zu früh ab, denn nach einigen Jahren zunehmenden Siechtums wurde er unheilbar geisteskrank und verbrachte die beiden letzten Jahrzehnte seines Lebens im Krankenhause.

Das Ergebnis gemeinsamer Arbeit der beiden Forscher war ein „Lehrbuch der vergleichenden Anatomie“ in dem Siebold die wirbellosen, Stannius die Wirbeltiere bearbeitet hatte. Das Buch erschien im Jahre 1846, also ungefähr gleichzeitig mit Owens oben angeführtem und offenbar ganz unabhängig von diesem. Ein Vergleich der beiden Werke ist daher von einigem Interesse. In beiden ist die Anordnung im allgemeinen dieselbe. Die Organe werden nicht mehr durch das ganze Tierreich behandelt, sondern es wird jede größere Hauptgruppe für sich betrachtet, und die Organe werden innerhalb der Gruppen verglichen. Die vergleichende Methode der Naturphilosophie vom Beginn des Jahrhunderts ist also aufgegeben. Die beiden deutschen Biologen vermeiden überhaupt jede Spekulation, ihre Darstellung ist rein sachlich. Ihnen fehlt demnach Owens Ideenreichtum, aber ihre Darstellung beruht auf einer besonders vielseitigen Kenntnis von Einzelheiten und berücksichtigt vorwiegend auch die mikroskopische Anatomie, was bei Owen nur in

geringerem Grade geschieht. Mit ihrer vergleichenden Anatomie lieferten Siebold und Stannius einen besonders wertvollen Beitrag zur Entwicklung der morphologischen Wissenschaft. Aber außerdem arbeitete noch jeder für sich mit bedeutendem Erfolge.

Stannius war sowohl als Lehrer als auch als Forscher außerordentlich vielseitig. Er unterrichtete in der Pathologie, Physiologie und Anatomie und lieferte auf allen diesen Gebieten wertvolle Beiträge. Als Physiologe wurde er bekannt durch seine Versuche mit Unterbindung verschiedener Teile des Froschherzens, und ferner untersuchte er die Zungennerven hinsichtlich ihrer Geschmacks- und Bewegungsfunktionen und die Abhängigkeit der Muskelkontraktion von Nervenreizungen. Als vergleichender Anatom wurde er besonders berühmt durch eine vorzügliche Arbeit über das periphere Nervensystem der Fische, welche noch heute von Bedeutung ist trotz aller neueren Arbeiten auf diesem Gebiete.

Siebold widmete sich, wie auch sein Anteil an der „Vergleichenden Anatomie“ zeigt, hauptsächlich der Erforschung der wirbellosen Tiere. Auf diesem Gebiete war er ohne Zweifel einer der hervorragendsten zu jener Zeit. Um die Entwicklung dieser Forschung zu fördern, gründete er zusammen mit Kölliker die „Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie“ deren Titel den Gegensatz zur geistlosen Systematik ihrer Zeit betonen sollte und die seit dem Beginn ihres Erscheinens im Jahre 1852 eines der wichtigsten Organe der biologischen Wissenschaft gewesen ist. Auf vielen einzelnen Gebieten der Evertebratenforschung sind Siebolds Beiträge von bedeutendem Werte gewesen. Besonders gilt das von seinen Untersuchungen über Parasiten. Wir erinnern uns, daß noch Rudolphi die Eingeweidewürmer durch einen Krankheitsprozeß im Wirte entstehen ließ. Siebold war es schon früh klar, daß diese Art von Urzeugung nicht angenommen werden konnte. Als Grund führte er das Vorkommen großer Mengen von Eiern in den Eingeweidewürmern an, was natürlich darauf hinwies, daß diese Tiere sich ebenso wie andere fortpflanzen. Nur eine Frage war noch zu beantworten, nämlich wie die Parasiten in einen neuen Wirt gelangen. Diese Frage blieb lange ungelöst, denn ihre Lösung erforderte die Kenntnis einer Entwicklungserscheinung, des Generationswechsels, der damals noch unbekannt war und von einem anderen Forscher ermittelt wurde, den wir deshalb im Anschluß hieran schildern müssen.

Johannes Japetus Smith Steenstrup (1813—1897) war ein Pfarrerssohn aus Jütland, der in Kopenhagen studierte und daselbst Professor der Zoologie wurde, nachdem er einige Jahre Oberlehrer an einer Schule gewesen war. Er war ein ungewöhnlich reich begabter und vielseitiger Forscher, der auf vielen verschiedenen Gebieten gearbeitet hat. Besonders berühmt sind seine Untersuchungen von Torfmooren,

die er in zoologischer, botanischer, geologischer und archäologischer Hinsicht erforschte. Er war es auch, der die alten Abfallhaufen aus der Zeit des Steinalters, die sogenannten Kjökkenmöddinger, entdeckte und ihr reiches zoologisches und ethnographisches Material mit Erfolg studierte. Ferner war er ein interessierter Meeresforscher und machte auf diesem Gebiete eine Entdeckung, die ihm in erster Linie einen Platz in der Geschichte der Biologie sicherte. Es handelt sich um den Generationswechsel. Schon früher hatte der bekannte Dichter und Naturforscher Adelbert von Chamisso (1781—1838) während seiner Weltumseglung auf dem russischen Schiffe „Rurik" (1815—1818) festgestellt, daß bei den Salpen freie und zu Ketten untereinander verbundene Individuen generationenweise miteinander wechseln, aber diese Entdeckung war unbeachtet geblieben. Auch andere Beobachtungen ähnlicher Art von Michael Sars in Norwegen, Sven Lovén in Schweden und Siebold in Danzig lagen vor, aber Steenstrup war es vorbehalten, das Beobachtungsmaterial zu vervollständigen und von einem gemeinsamen Gesichtspunkt aus zu ordnen. Im Jahre 1842 veröffentlichte er seine Arbeit über den Generationswechsel, in der er über die Entwicklung von Medusen, Campanularien, Salpen und Trematoden berichtet und bei ihnen allen etwas Gemeinsames findet, nämlich das Vorkommen eines Wechsels von Jugendstadien, die er „Ammen" nennt, weil sie ohne geschlechtliche Fortpflanzung eine neue Generation, die geschlechtliche, erzeugen, und dieses geschlechtlichen Stadiums, das seinerseits wieder durch gewöhnliche geschlechtliche Fortpflanzung neue „Ammen" entstehen läßt. Solche geschlechtslose Generationen findet er bisweilen viele nacheinander, besonders bei Trematoden, wo sie oft als eine besondere Gattung unter dem Namen Cercaria beschrieben wurden. Im einzelnen bedurfte diese Arbeit Berichtigungen und Ergänzungen, aber ihr großes Verdienst war es, daß sie ein allgemeines Grundprinzip feststellte, welches zum Verständnis der Entwicklungsgeschichte einer Menge niederer Tiere unentbehrlich war. Daß Steenstrup diese Vorgänge in echtem romantisch-naturphilosopischem Lichte sah, entsprach ja nur der Sitte seiner Zeit. Er sah nämlich im Generationswechsel ein Streben der Natur nach Freiheit und Vervollkommnung und führte deshalb auch die Insektenstaaten auf den Generationswechsel zurück, d. h. er sah in den geschlechtslosen Arbeitern „Ammen", die den Nachkommen eine Pflege von mehr ideeller Art angedeihen ließen als die Salpenketten und Cercarien.

Schließlich war es Siebold, dem es gelang, den Begriff des Generationswechsels fruchtbringend zu verwerten, indem er seine grundlegende Bedeutung für die Ermittlung der Entwicklungsbedingungen der Eingeweidewürmer einsah. Er machte sich sofort daran, den Zusammenhang zwischen einer Anzahl von Parasitenformen, die man bis dahin für un-

abhängig voneinander gehalten hatte, durch Experimente klarzulegen. Auf diese Weise bewies er, daß der Parasit, der im Gehirn der Schafe die sogenannte Drehkrankheit hervorruft, und der bis dahin unter dem Namen Coenurus cerebralis beschrieben worden war, in der Tat ein Jugendstadium eines Bandwurmes ist, der im Darmkanal des Hundes lebt; denn wenn Hunde mit coenurushaltigen Schafgehirnen gefüttert werden, so erhalten sie unfehlbar diesen Bandwurm, der jetzt Taenia coenurus genannt wird. Mit den Exkrementen des Hundes werden die Eier des Bandwurmes auf den Weideplätzen verbreitet, wo sich die Schafe mit ihnen infizieren. Auf dieselbe Weise wurde ein anderer Hundebandwurm von Blasenwürmern in der Hasenleber und ein Bandwurm der Katze von einem entsprechenden Gebilde in der Ratte hergeleitet. Schließlich erwies es sich auch, daß der große, beim Menschen vorkommende, oft lebensgefährliche Leberparasit Echinokokkus einen in Hunden vorkommenden, fast mikroskopisch kleinen und darum bis dahin unbekannten Bandwurm, Taenia echinococcus, hervorgehen läßt, dessen Eier der Mensch bei zu intimem Umgang mit Hunden durch den Mund seinem Darm zuführt. Durch diese Forschungen wurde der Lehre von den Eingeweidewürmern oder die Helminthologie, wie sie schon früher benannt worden war, eine durchaus rationelle Grundlage gegeben, und es blieb späteren Forschern nur übrig, nach Siebolds Methode neue Tatsachen zur Ausfüllung der Lücken auf diesem Gebiete zu sammeln.

Auch hinsichtlich der Auffassung der Insektenstaaten gab Siebold die Richtung an, die noch heute eingehalten wird. Anfangs schloß er sich den Erklärungsversuchen von Steenstrup an, der die Fortpflanzung der Bienen als eine Art von Generationswechsel erklären wollte, sah aber bald seinen Irrtum ein, namentlich dank seines Zusammenwirkens mit einem Bahnbrecher auf dem Gebiete der praktischen Bienenzucht, dem katholischen Pfarrer Johann Dzierzon (1811—1906) in Schlesien. Dieser, der als der Schöpfer der rationellen Bienenzucht bekannt ist, hat auch ohne anatomische Studien früher als irgendein anderer den wahren Sachverhalt hinsichtlich der Geschlechter im Bienenstaat erkannt. Er fand, daß der Weisel nur einmal in seinem Leben, und zwar beim Schwärmen und nicht im Stock, befruchtet wird, daß die Drohnen sich aus unbefruchteten, die Arbeiter- und Weisellarven dagegen sich aus befruchteten Eiern entwickeln. Diese bedeutungsvolle Entdeckung, auf welche Dzierzon seine Reform der Bienenzucht gründete, stieß jedoch bei der Mehrzahl der Bienenzüchter auf festen Widerstand und hätte sich nicht durchsetzen können, wenn sie nicht Siebold mit seiner Autorität gestützt hätte. Er hatte schon früher (im Jahre 1837) genaue Untersuchungen über den Geschlechtsapparat der Bienen gemacht und dabei das Receptaculum seminis des Weisels entdeckt, und nun im An-

fang der fünfziger Jahre trat er ganz auf Dzierzons Seite und verhalf seiner Ansicht durch eine Reihe von Untersuchungen und Schriften zum Siege. Im Anschluß hieran ermittelte Siebold zum ersten Male die Bedingungen, unter denen die Parthenogenese bei den Insekten überhaupt vorkommt, und bereicherte hierdurch die biologische Wissenschaft mit einem Forschungsgebiete, das besonders in der letzten Zeit großes Interesse erweckt.

An Siebolds Seite verdient Leuckart erwähnt zu werden als einer, der in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Biologie gefördert hat. Karl Georg Friedrich Rudolf Leuckart wurde im Jahre 1822 zu Helmstädt geboren, wo sein Vater Geschäftsmann war, studierte in Göttingen besonders bei dem Physiologen Rudolf Wagner, wurde daselbst Dozent, dann 1855 Professor der Zoologie in Gießen und wurde schließlich 1869 in derselben Stellung nach Leipzig berufen, wo er bis zu seinem Tode im Jahre 1898 wirkte. Noch bis in sein hohes Alter sich lebhaft für die Fortschritte der Wissenschaft interessierend, sammelte er bis zuletzt eine große Zahl von Schülern um sich. Hilfbereit und gutherzig, originell und heiter gelaunt erwarb er sich die Zuneigung seiner Schüler und ein freundliches Gedenken.

Leuckarts wissenschaftliche Tätigkeit war vielseitig und tief eingreifend. Schon als junger Dozent veröffentlichte er ein epochemachendes Werk „Über die Morphologie der wirbellosen Tiere". „Die deskriptive Zoologie muß", sagt er, „dieselbe vergleichende, morphologische Behandlung zulassen, wie die Anatomie." Von diesem Standpunkt aus erörtert er das damals geltende zoologische System, ausgehend von Cuvier, dessen Typentheorie er gegen den Glauben einer älteren Zeit an eine einzige Entwicklungsreihe verteidigt. Gleichzeitig hält er fest an der Idee der idealistischen Morphologie von einer Grundform, nach der die Natur die verschiedenen Lebensformen bildet. Sehr bestimmt verurteilt Leuckart solche systematische Kategorien, die auf negativen Merkmalen beruhen, z. B. Lamarcks Gruppe der wirbellosen Tiere. Aber auch Cuviers vier Gruppen entsprechen seiner Ansicht nach nicht den Anforderungen der Morphologie. Mit Ausnahme der Protozoen, deren damals noch unerforschter Bau keine endgültige morphologische Behandlung zuließ, und der Wirbeltiere, deren Platz bereits im System feststand, stellt Leuckart fünf Grundtypen auf, die Coelenterata, Echinodermata, Vermes, Arthropoda und Mollusca. Diese sind bekanntlich bisher bestehen geblieben, wenn auch mit verschiedenen Abänderungen. Die Vermes sind hernach aufgeteilt und die Tunicata von den Mollusken getrennt worden. Durch diese Reform brachte jedenfalls Leuckart das System dem heutigen um ein gutes Stück näher. Besonders seine Behandlung der Coelenteraten war epochemachend. Außer seiner Betonung des

Unterschiedes im anatomischen Bau zwischen ihnen und den gleichfalls radiär symmetrischen Echinodermen ermittelt er die eigentümliche Arbeitsteilung, die bei gewissen koloniebildenden Formen dieser Gruppe vorkommt, namentlich bei den Siphonophoren, wo die Individuen einer Kolonie zur Ausführung einer Menge für den Bestand des Ganzen notwendiger, besonderer Leistungen umgewandelt sind. Durch die Ermittlung des Baues dieser sogenannten polymorphen Tierstöcke erhielt der Begriff des Individuums in gewisser Hinsicht eine neue Beleuchtung, und Leuckart glaubte sogar, die Pflanzen im allgemeinen mit diesen Koloniebildungen vergleichen zu können, was aber sein Verdienst um die Ermittlung eines wichtigen Gebietes in der Biologie der niederen Tiere nicht wesentlich schmälert.

Einen anderen wertvollen Beitrag zur Entwicklung der Biologie lieferte Leuckart durch die Entdeckung, daß die dickschaligen Eier der Insekten immer mit einem Kanal versehen sind, durch den die Befruchtung geschieht. Diesen Kanal, den er im Anschluß an eine entsprechende Bildung im Pflanzenreiche Mikropyle nennt, studierte Leuckart mit großer Genauigkeit an einer großen Zahl von Eiern verschiedener Insekten. Er fand dabei, daß die Spermatozoen in der Tat durch den Kanal in den Eidotter eindringen, was die Kenntnis von der Befruchtung wesentlich vertiefte. Daß nämlich die Spermatozoen hierbei eine wesentliche Rolle spielen, war etwas, in das sich viele Forscher schwer finden konnten, denn vor nicht gar langer Zeit hatte Spallanzanis Theorie von der ausschlaggebenden Bedeutung der Spermaflüssigkeit noch angesehene Fürsprecher gehabt. J. Müller hatte freilich schon früher einen ähnlichen Kanal bei den Seeigeleiern entdeckt, aber Leuckart war es, der seine weite Verbreitung und zugleich auch seine Bedeutung feststellte. Von dieser Zeit an war man überzeugt, daß die Spermatozoen durch ihr Eindringen in das Ei die Befruchtung bewirken, und einer späteren Zeit war es vorbehalten, den zytologischen Verlauf näher zu ermitteln.

Unter Leuckarts übrigen Werken mögen hier noch folgende genannt sein. Zunächst eine Untersuchung über die Schwämme, die er auf Grund eingehender Untersuchungen über ihren Bau zu den Coelenteraten rechnete. Ferner seine mit Siebold gleichzeitig angestellten Experimente über Eingeweidewürmer. Er war es, der den Entwicklungsverlauf der beiden bekannten Parasiten des Menschen, Taenia solium und saginata, ermittelte, wie auch den des für die Haustiere bedeutungsvollen Leberegels. Auch die Trichinen wurden durch ihn gut bekannt. Sein großes Handbuch über die Parasiten des Menschen ist ein Werk, auf das sich alle spätere Forschung auf diesem Gebiete stützte.

Eine eigenartige Form von Parasitismus zeigen gewisse an Fischen schmarotzenden Krebstiere, bei denen die parasitische Degeneration

Formen aufweist, wie kaum anderswo im Tierreiche. Die ersten grundlegenden Kenntnisse über diese Tierformen verdanken wir Alexander von Nordmann. Er wurde im Jahre 1805 in Finnland geboren, studierte in Åbo und hernach in Berlin, wo er Rudolphis Schüler wurde. Hier war es auch, wo er sein Werk „Mikrographische Beiträge" verfaßte, in welchem er einige parasitische Trematoden, vor allem aber die parasitischen Crustaceen behandelt, die dadurch den Biologen bekannt wurden. Die Arbeit erregte allgemeine Aufmerksamkeit, J. Müller erwähnt in einem Briefe seine „herrlichen Beobachtungen", und der Verfasser erhielt einen Ruf als Professor nach Odessa. Dort widmete er sich der Erforschung der rezenten und ausgestorbenen Tierwelt Südrußlands, die er in einigen bedeutenden Arbeiten schildert. Schließlich wurde er Professor in Helsingfors, wo er bis an seinen Tod im Jahre 1866 wirkte. In seinen alten Tagen war er ein großes Original, und seine späteren Werke erreichten lange nicht die Bedeutung der früheren.

Der hier geschilderte Zeitabschnitt in der Biologie war überhaupt reich an Forscher von hohem Rang, und nur eine geringe Anzahl ihrer, die auf verschiedenen Gebieten in den Entwicklungsgang der Wissenschaft eingegriffen haben, konnte im vorhergehenden erwähnt werden. Im folgenden sollen noch einige bedeutende Gelehrte genannt werden, die sich mit der Meeresforschung beschäftigt und in erster Linie die bis dahin noch so gut wie gar nicht bearbeitete niedere Tierwelt des Meeres studiert haben. Namentlich in Skandinavien war es, wo zu jener Zeit das Interesse für die Meeresbiologie erwachte, und als einer ihrer ersten Förderer verdient der Norweger Michael Sars (1805—1869) genannt zu werden. Als Pfarrer an der Westküste Norwegens fing er an, sich für die Meerestiere zu interessieren, und veröffentlichte einige Abhandlungen, die allgemeine Aufmerksamkeit erregten und bewirkten, daß er 1854 zum Professor der Zoologie in Kristiania ernannt wurde. Unter seinen wertvollen Beiträgen mögen hier seine Entdeckung der Metamorphose der Meeresmollusken und seine Beobachtungen über Tiefseekrinoiden erwähnt werden. Jedenfalls war er der Begründer der Meeresforschung im Norden.

In Schweden wurde das Studium des Tierlebens im Meere von Sven Ludvig Lovén begonnen. Geboren 1809 in Stockholm studierte er in Lund und später in Berlin bei Rudolphi und Ehrenberg. Mit einem Walfischfänger machte er eine Studienreise nach Spitzbergen — die erste von den vielen schwedischen wissenschaftlichen Polarreisen. 1840 wurde er Leiter der zoologischen Abteilung des Reichsmuseums in Stockholm und starb im Jahre 1895. Seiner Initiative verdankt Schweden auch sein erstes zoologisches Meereslaboratorium in Kristineberg.

Die Benennung Lovénsche Larve erinnert noch heute an seine Arbeiten über die Metamorphose der Anneliden. Seine Studie über die

Entwicklung der Gattung Campanularia lieferte Steenstrup Material zu seiner Theorie des Generationswechsels. Besonders interessierte ihn die Embryologie der niederen Tiere, und bei der Untersuchung der Entwicklung der Meeresmollusken entdeckte er die Richtungskörperchen des Eies, deren allgemein entwicklungsgeschichtliche Bedeutung erst viel später festgestellt wurde. Nach dem Erscheinen der Eiszeittheorie forschte er eifrig nach zoologischen Beweisen für diese, und von ihm stammt die Benennung „Relikt" für Tierformen, welche offenbar der Eismeerfauna angehörend heute in Seen vorkommen, die ehedem vom Meere überflutet gewesen sind.

Der hervorragendste unter den schwedischen Biologen jener Zeit war jedoch zweifellos Anders Adolf Retzius (1796—1860). Geboren in Lund, wo sein Vater ein angesehener Naturforscher war, studierte er zuerst bei diesem und dem Anatomen Florman und später bei Ludvig Jacobson in Kopenhagen. Er wurde sehr früh Professor an den beiden Hochschulen für Medizin und Veterinärwissenschaft in Stockholm, was ihn jedoch nicht hinderte, eine sehr rege Tätigkeit als Forscher auf verschiedenen Gebieten der Biologie zu entfalten. Er brach der vergleichenden Anatomie in Schweden die Bahn und führte dieses Fach als Unterrichtsgegenstand ein. Unter seinen eigenen Arbeiten sind namentlich zu erwähnen seine Untersuchungen über die Anatomie der Myxinoiden (1822), die die Grundlage für J. Müllers großes Werk über diese Rundmäuler bildeten, und seine mit schönen Abbildungen versehene Untersuchung über die Verbindung zwischen dem spinalen und sympathischen Nervensysteme beim Pferde. Zugleich mit Purkinje untersuchte er den mikroskopischen Bau des Zahnbeines, und zwar bei verschiedenen Tierformen. 1841 reiste er mit J. Müller an die Westküste Schwedens, wo er unter anderem den Amphioxus studierte. Angeregt durch die Untersuchung prähistorischer Funde begann er sich für die Schädelformen bei verschiedenen Menschenrassen zu interessieren, unter denen er dolicho- und brachycephale, ortho- und prognathe unterschied und im Gegensatz zur landläufigen Blumenbachschen Einteilung der Menschen in Rassen nach der Hautfarbe eine Menschenforschung gegründet auf vergleichend anatomische Untersuchungen schuf, die hernach von Virchow, Broca, dem jüngeren Retzius und vielen anderen Anthropologen mit großem Erfolge weiter ausgebaut wurde.

In Frankreich nahm die Meeresbiologie zu dieser Zeit einen großen Aufschwung und lieferte viele wichtige Beiträge zur allgemeinen Entwicklung der Kenntnisse auf diesem Gebiete. Von den Forschern, die sich dabei besonders auszeichneten, sollen zwei hier genannt werden. Henri Milne-Edwards (1800—1885) stammte aus Belgien und war von Geburt Engländer. Er kam früh nach Paris und wirkte dort als

Professor. Als Schüler von Cuvier setzte er mit Erfolg dessen Arbeit auf dem Gebiete der Erforschung der wirbellosen Tiere fort. Früh schon veröffentlichte er eine außerordentlich verdienstvolle Arbeit, eine Untersuchung über das Gefäß- und Nervensystem der Crustaceen. Darauf folgte ein umfangreiches Werk über die Fauna der französischen Küste, in der besonders die Anneliden sehr sorgfältig bearbeitet sind. Ein großes Werk in seiner Art ist ferner seine „Histoire des crustacées", in der diese Ordnung gründlich und scharfsinnig behandelt und ein auf vergleichend anatomische Untersuchungen gegründetes System aufgestellt wird, das im allgemeinen heute noch gilt. Schließlich sind noch zu erwähnen seine Arbeit über die korallenartigen Tiere und seine Untersuchung über die Entwicklung der Ascidien neben einer großen Anzahl von Arbeiten über Tiefseetiere.

Seinem Beispiele folgte Félix Joseph Henri Lacaze-Duthiers (1821—1901). Geboren in Südfrankreich und aus vornehmem Geschlecht, studierte er Medizin und wurde Professor zuerst in Lille, später in Paris. Seine zahlreichen Arbeiten betreffen hauptsächlich die Mollusken, deren Anatomie und Entwicklungsgeschichte er eingehend bearbeitete, wobei er unter anderem auch die Anatomie der Purpurschnecke und ihre im Altertum bekannte, später aber in Vergessenheit geratene Farbstoffsekretion studierte. Aber mehr noch bekannt wurde er als Gründer der zoologischen Meeresstationen Roscoff und Banyuls. Er spendete zu diesem Zweck bedeutende Summen aus seiner eigenen Kasse und gab die Methoden und Richtlinien an, nach denen auf den Stationen gearbeitet werden sollte. Als eine ausgeprägte Persönlichkeit mit wesentlich konservativen Ansichten konnte er sich nur langsam und zögernd mit der Abstammungslehre befreunden. Er verhielt sich überhaupt zu vielen Fragen und Strömungen seiner Zeit skeptisch und ließ über der Tür zu seinem Laboratorium die Worte anbringen: „Die Wissenschaft hat weder Religion noch Politik", ein Gedanke, der gewiß mehr Beachtung verdient als man heutzutage annimmt.

3. Mikrobiologie.

Daß es eine Welt von Organismen gibt, die sich durch ihre Kleinheit der Beobachtung mit bloßem Auge entziehen, war schon seit der Erfindung des Mikroskopes bekannt, aber die Kenntnis von diesen Wesen stammt, kann man sagen, aus der Zeit, die wir hier behandeln, denn eine besser entwickelte mikroskopische Technik ermöglichte eine gründlichere Erforschung dieses ausgedehnten Gebietes. Leeuwenhoek, der beste Mikroskopiker des 17. Jahrhunderts, entdeckte, wie schon früher erwähnt wurde, eine Menge kleinster Tiere teils im Wasser der Flüsse und Seen, teils zwischen faulenden Stoffen verschiedener Art. Er studierte sie so

gut er konnte und war überzeugt, daß sie lebende Wesen wären und sich nur durch Fortpflanzung vermehrten. Im folgenden Jahrhundert reihten sich an diese Untersuchungen vereinzelte neue Beobachtungen, die aber eigentlich nichts Neues brachten. Man fand, daß die kleinen Tiere besonders in Wasser auftraten, das über Pflanzenteilen und ähnlichem gestanden hatte, und nannte sie nach ihrem Vorkommen in solchen „Infusionen" Infusorien oder Infusionstierchen. Buffon hielt sie entsprechend seiner allgemeinen Theorie vom Leben für Produkte der überall vorkommenden Lebenseinheiten, während Spallanzani den Glauben an ihre Entstehung durch Urzeugung kräftig zurückwies. Der erste, der die Infusorien einer speziellen Bearbeitung unterzog, war der Däne O. F. Müller, der aus diesem Grunde hier näher erwähnt zu werden verdient.

Otto Frederik Müller wurde im Jahre 1730 zu Kopenhagen geboren, wo sein Vater Musiker war. Er wuchs in Armut auf und erhielt die Möglichkeit, auf der Universität seiner Vaterstadt Theologie zu studieren, ging später auf Jurisprudenz über, mußte aber stets seinen Unterhalt als Hauslehrer in vornehmen Familien verdienen, bei denen er wegen seiner gesellschaftlichen Talente und seiner Liebenswürdigkeit wohl angesehen war. Während seines Aufenthaltes auf den Rittergütern erwachte sein Interesse für die Natur, besonders für die Insekten, die er sammelte und in einer Reihe kleinerer Abhandlungen beschrieb. In Begleitung eines seiner Schüler, eines jungen Grafen, machte er eine Reise durch Europa und vermehrte dabei seine Kenntnisse und Verbindungen. Zurückgekehrt wurde er Beamter, verließ aber nach einer reichen Heirat den Staatsdienst und lebte als Privatgelehrter bis ihn der Tod 1774 ereilte. Seine wichtigsten Arbeiten sind erst nach seinem Tode erschienen. Zu Lebzeiten galt er für einen liebenswürdigen und gutherzigen aber etwas eitlen Mann. Aus seiner großen Schriftstellerei sind ein paar zoologische Werke von der Nachwelt berücksichtigt worden.

Wie aus dem Obigen hervorgeht, war O. F. Müller als Zoologe hauptsächlich Autodidakt. Er hatte sich durch das Lesen von Linnés Schriften gebildet, forschte aber auf solchen Gebieten, die Linné und seine Schüler übersehen hatten. In zwei Arbeiten, „Entomostraca Daniae" und „Hydrachnae" beschreibt er eingehend und für seine Zeit verdienstvoll zwei bis dahin ganz vernachlässigte Gruppen von Gliedertieren. Noch bemerkenswerter sind seine beiden Werke über Infusorien, von denen das spätere von Fabricius im Jahre 1786 herausgegeben wurde. In diesen Arbeiten macht er zum ersten Male den Versuch, die Infusorien systematisch zu beschreiben und einzuteilen, indem er sie mit genauen Gattungs- und Artdiagnosen versieht und sorgfältig und schön abbildet. Eine nicht geringe Anzahl besonders größerer Wimperinfusorien hat er

so beschrieben, daß man sie heute noch wiedererkennen kann und ihre Namen noch bestehen. Mit dem inneren Bau der Tiere befaßte er sich nach der Gewohnheit der damaligen Zeit wenig. Hinsichtlich der Entstehung der Infusorien glaubt er an Urzeugung was die kleineren Formen betrifft, während er von den größeren und höher entwickelten annimmt, daß sie sich fortpflanzen.

O. F. Müllers Zeit und die nächste Generation haben eine Anzahl neuer Entdeckungen und verschiedene Versuche zur systematischen Bearbeitung schon bekannter Formen aufzuweisen. Zu derselben Zeit, als die Zellforschung aufkam, d. h. in den dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts, erlebte auch die Mikrobiologie einen neuen Aufschwung. Ihr Bahnbrecher war Christian Gottfried Ehrenberg. Geboren im Jahre 1795 bei Leipzig, studierte er daselbst Medizin und hatte darauf die Möglichkeit, eine sechsjährige Forschungsreise in den Orient zu unternehmen, von der er mit bedeutenden Sammlungen heimkehrte. Hierdurch bekannt geworden, durfte er Humboldt auf seiner asiatischen Reise begleiten, wurde danach Professor der Geschichte der Medizin in Berlin und Sekretär der Akademie der Wissenschaften daselbst. Er starb im Jahre 1876, nachdem er längere Zeit der Wissenschaft nicht mehr gefolgt war.

Ehrenbergs großer Einsatz in der Biologie war seine Infusorienarbeit, deren Ergebnisse zuerst in einer Anzahl kleinerer Aufsätze, hernach in dem großen Prachtwerk „Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen“ (1838) erschienen. Durch dieses und andere von seinen Werken wurde die Anzahl der bekannten Infusorien bedeutend vermehrt und ihre Systematik wesentlich gefördert. Die Anguilluliden und Cercarien, die bisher zu ihnen gerechnet wurden, schloß er aus, trennte von ihnen auch die Rotatorien und verbesserte die Artdiagnosen, so daß eine Menge von ihnen noch heute Gültigkeit hat. Diese ganze sorgfältige und verdienstvolle Arbeit stellte Ehrenberg jedoch in den Dienst einer ganz und gar verfehlten Theorie. Ausgehend von der damals so gewöhnlichen Annahme eines einzigen Urtypus für alle Tiere, meinte er, bei den Infusorien die Organe höherer Tiere wiederfinden zu können. Die Vakuolen der Wimperinfusorien, die zum Teil ihre Form verändern, versah seine Phantasie mit kanalförmigen Ausläufern und bildete aus ihnen ein wunderbar verzweigtes Verdauungssystem. Er glaubte in seinen Untersuchungsobjekten auch Geschlechtsorgane und Eier zu finden, denn sie sollten ja, wie der Titel seines Werkes besagt, „vollkommene Organismen“ sein. Daß er jede Art von Urzeugung bei solchen Wesen leugnete, versteht sich von selbst, und sein Mißtrauen gegen die Urzeugungshypothese scheint bei ihm schon bestanden zu haben, bevor er mit dem Studium der Infusorien begann, was ihn möglicherweise in dem Streben bestärkt hat, die Infusorien so voll-

kommen als möglich zu finden. Seine Theorie fand unter den Zeitgenossen viele Anhänger und wurde unter anderem von Oken in seinen älteren Arbeiten angenommen, als sie aber fiel, zog sich Ehrenberg, nachdem er vergeblich für seine Ansicht gekämpft hatte, ganz und gar von aller Forschungsarbeit zurück.

Der, welcher von Anfang an mit Bestimmtheit als Ehrenbergs Gegner auftrat und mit seiner Ansicht siegte, war Félix Dujardin (1801—1862), zuerst Professor in Toulouse, später in Rennes. In einigen Arbeiten, von denen die letzte und übersichtlichste im Jahre 1841 erschien, legte er den Grund zu einer neuen Auffassung der Infusorien. Das tat er in erster Linie dadurch, daß er mit ihnen eine Kategorie noch tiefer stehender Organismen, die Rhizopoden, vereinigte. Diese, welche Typen ohne jedes äußere Organ, ja ohne bestimmte äußere Körperform enthielt, lieferte den besten Beweis gegen die Annahme, als wären die niedersten Tiere „vollkommene Organismen". Dujardin fand, daß sowohl diese als auch die höher stehenden Infusorien aus einer homogenen Masse bestehen, die Nahrung aufzunehmen, sich zusammenzuziehen, sich zu bewegen, und auf äußere Eindrücke zu reagieren vermag. Diese Masse nannte er Sarkode, mit welchem Namen man besonders in Frankreich eine zeitlang die Grundsubstanz bezeichnete, aus der überhaupt alle Lebewesen bestehen, bis er durch das Wort Protoplasma verdrängt wurde. In der Sarkode fand Dujardin Vakuolen und Körnchen, aber keine beständigen Organe, und die den Körper der höheren Infusorien bedeckenden Wimperhärchen hatten nach seiner Meinung mit den Haarbildungen höherer Tiere nichts gemein. In allem diesem stand Dujardin unleugbar auf festerem Boden als Ehrenberg. Dagegen aber vermochte er nicht das Wesen der Infusorien, das in der Einzelligkeit besteht, zu erfassen, und in ihren Kernen, die Ehrenberg für Geschlechtsorgane hielt, sah Dujardin, der sie auch nicht deuten konnte, bloß verdichtete Sarkode.

Erst Siebold blieb es vorbehalten, den Infusorien ihren richtigen Platz anzuweisen. Schon in seiner im vorhergehenden erwähnten vergleichenden Anatomie vom Jahre 1845 vereinigt er die Infusorien und Rhizopoden unter dem gemeinsamen Namen Protozoa und bezeichnet diese als Tiere, „in welchen die verschiedenen Systeme der Organe nicht scharf ausgeschieden sind, und deren unregelmäßige Form und einfache Organisation sich auf eine Zelle reduzieren lassen". Diese Definition gründet er auf eine genaue Abgrenzung der Formen, die er zu der Gruppe rechnet. Die Rotatorien werden endgültig als höher organisierte Wesen abgetrennt, und gewisse mehrzellige, aber primitive Formen, die Chlorophyll enthaltenden Closterinen und Volvocinen werden den Pflanzen zugezählt. Dabei wird betont, daß Flimmer- und Geißelbewegung auch im Pflanzen-

reiche vorkommen können, aber freie Beweglichkeit höherer Art käme den Protozoen zu. Die verschiedenen von Ehrenberg den Infusorien zugeschriebenen Organsysteme werden untersucht und abgelehnt, und es bleiben also nur die mit Kern und Vakuolen versehenen einzelnen Zellen übrig, die, wie somit bewiesen wurde, ein freies und selbständiges Dasein führen, sich durch Teilung vermehren und keine besonderen Geschlechtsorgane besitzen.

In einer einige Jahre später erschienenen Abhandlung bespricht Siebold nochmals das Vorkommen und gegenseitige Verhältnis von einzelligen Tieren und Pflanzen besonders im Hinblick auf ein damals gerade erschienenes Werk von Nägeli über einzellige Algen, in welchem diese Organismen eingehend gekennzeichnet und beschrieben werden. Durch diese Arbeiten wurde die Mikrobiologie auf den rechten Weg gelenkt und übt in der nun folgenden Zeit einen großen Einfluß auf die Entwicklung der Biologie im allgemeinen aus. In den Protozoen, den „Urtieren“, hatte man eine Kategorie von Lebewesen gefunden, von denen, wie der Name andeutet, die übrigen höheren Organismen abgeleitet werden konnten, während der Begriff der Zelle eine ganz neue Tragweite erhielt. Man konnte in der Zelle von da ab nicht nur das Grundelement im Bau des Organismus sehen, sondern auch einen wirklichen Elementarorganismus, der ein selbständiges Dasein führt, oder als Übergang zu höheren Zellkomplexen sich mit gleichartigen Elementen, wie der oben erwähnte Volvox, zu Kolonien vereinigen konnte. Der Raum gestattet kein näheres Eingehen auf die große Menge von Werken, die sich von da ab mit den einzelligen Tieren und Pflanzen beschäftigten. Besonders in der nun folgenden Periode vermehrten sich die Forschungen auf diesem Gebiete in ununterbrochener Folge. Von den Arbeiten über Protozoen, die in dieser Zeit erschienen, sei hier das Prachtwerk von Friedrich Stein (1818—1885), Professor in Prag, über die Infusorien erwähnt, das allen späteren Forschungen auf diesem Gebiete als Grundlage diente.

Im Anschluß an das Vorhergehende ist an dieser Stelle noch eine Gruppe einzelliger Organismen zu erwähnen, nämlich die Bakterien oder Spaltpilze, welche bekanntlich, wie man seitdem weiß, eine wichtige Rolle im menschlichen Leben spielen und daher auch seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts als ein besonderes Arbeitsfeld bearbeitet worden sind. Zu diesem Forschungszweige standen von Anfang an eine Menge theoretischer Fragen von größter Tragweite in Beziehung, wie die Frage der Urzeugung, der Gärungsvorgänge und der Entstehung von Krankheiten. Die Probleme der Krankheitsursachen können hier nur ganz in Kürze berührt werden, sie bilden ja von altersher eine besondere Wissenschaft, die Pathologie. Die Fragen von der Urzeugung und den Gärungsprozessen sind dagegen von großem theoretischem Inter-

esse und ihre Behandlung war in einem entscheidenden Wendepunkt gemeinsam. Daher mag ihre Besprechung unsere Übersicht über die Geschichte der Bakteriologie einleiten.

Der Glaube an eine Urzeugung ist im vorhergehenden zu verschiedenen Malen erwähnt worden. Die älteren Forscher glaubten ja allgemein, daß niedere Tiere, besonders wenn sie plötzlich auftraten, oder mehr oder weniger den Charakter von Parasiten oder Ungeziefer trugen, durch eine Art von Umwandlungsprozeß aus lebloser Materie entstanden. So glaubte Aristoteles, daß Flöhe und Mücken aus faulenden Stoffen entständen und Harvey schloß sich wenigstens teilweise ihm an, während van Helmont meinte gesehen zu haben, daß Ratten aus Kleie und alten Lappen erwüchsen. Im 17. Jahrhundert bewies jedoch schon Francesco Redi (1626—1698), Hofmedikus und Akademiker in Florenz, daß Würmer in faulendem Fleisch nicht infolge der Fäulnis sondern aus Eiern, die die Fliegen ins Fleisch gelegt haben, entstehen. Schütze man dieses durch dünnes Zeug, so könnten trotz der Fäulnis keine Maden entstehen. Dagegen glaubte Redi an die Urzeugung von Eingeweidewürmern und Gallwespen. Aus theoretischen Gründen leugnete Swammerdam die Urzeugung, denn die von ihm geschaffene Präformationslehre schloß in der Tat den Glauben an eine solche Vermehrungsweise aus und ließ ihn während der größeren Hälfte des 18. Jahrhunderts nicht aufkommen. Dennoch glaubte Buffon, wie wir sahen, an eine Urzeugung durch kleine, überall im Weltall zerstreute Lebenseinheiten und wurde in dieser Ansicht, der sich auch Lamarck anschloß, von seinem Freunde, dem englischen Mikroskopiker Needham bestärkt. Dagegen trat Spallanzani, der bekanntlich Präformationist war, bestimmt gegen die Lehre von der Urzeugung auf und suchte den Beweis zu führen, daß man durch Kochen von organischen Stoffen in luftdichten Gefäßen die Entstehung lebender Wesen in ihnen verhindern könne. Diese Theorie wurde einige Jahrzehnte später von einem französischen Koch Appert, der das heute gebräuchliche Einkochen von Lebensmitteln erfand, praktisch verwertet. Ein französischer Physiker fand jedoch, daß die Luft in Konservenbehältern frei von Sauerstoff sei, denn dieser wird in der Tat durch Oxydationsprozesse im Inhalt verbraucht, und schloß daraus, daß die Sterilität auf dem Mangel an Sauerstoff beruhe. Im Anfang des 19. Jahrhunderts nahm die Lehre von der Urzeugung einen neuen Aufschwung, und zwar hauptsächlich durch den Sieg der Epigenesislehre von Wolff. Rudolphi glaubte an die Urzeugung der Bandwürmer und die Entomologen an eine solche der Parasiten unter den Insekten. In erster Linie aber wurde der Glaube an die Urzeugung durch die vermehrte Kenntnis von den Infusorien genährt. Ehrenbergs Widerspruch verklang ungehört, seit die Übertreibungen in seiner Darstellung ihrer Organisation aufgedeckt waren.

Eine neue Stütze erhielt ferner die Idee der Urzeugung durch eifrigere Beschäftigung mit dem Gärungsprozesse. Sowohl Lavoisier als auch Berzelius studierten die Alkoholgärung und suchten den Vorgang der Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure zu erklären. Die beim Brauen aufsteigende Hefe hielt man für die bei der Zersetzung des Malzes abgeschiedenen Eiweißstoffe. Diese Auffassung der Gärung als eines rein chemischen Vorganges wurde noch gestützt durch die Entdeckung einer im Malz vorkommenden Substanz, die zu einer Stärkelösung getan, diese in Zucker verwandelt. Diesen Stoff nannte man Diastase, und ähnliche Stoffe, Fermente genannt, wurden auch anderen Ortes, im Speichel und in den Darmsäften bei Menschen und Tieren und vielfach im Pflanzenreiche entdeckt. Die Chemiker meinten nun die Stoffe gefunden zu haben, welche Gärungen und ähnliche Prozesse hervorriefen, und diese chemischen Umwandlungen, bei denen als Nebenprodukt Eiweißverbindungen entstanden, schienen ja deutlich darauf hinzuweisen, wo die Urzeugung kleiner Lebewesen zu suchen wäre. Die Gärung wurde also als ein Teil des Urzeugungsprozesses gedacht.

Da trat im Jahre 1836 der Franzose Charles Cagniard de Latour (1777—1859), seinem Berufe nach Ingenieur, mit der Behauptung auf, die Hefe bestehe eigentlich aus kleinen Organismen, deren Lebensäußerungen die Gärung verursachten. Bald darauf wurde diese Frage von Schwann in Angriff genommen, der zu beweisen suchte, daß Fäulnis und Gärung vom Sauerstoff der Luft unabhängige Vorgänge wären, die aber auf einem besonderen Stoff beruhten, der in der Luft enthalten wäre und durch Erhitzung zerstört würde. Er kochte besonders leicht zersetzliche, organische Stoffe und führte ihnen darauf Luft zu, die er durch ein glühendes Rohr geleitet hatte. Darauf folgte keine chemische Veränderung, die aber wohl eintrat, wenn gewöhnliche Luft Zutritt hatte. Die Berufschemiker, Berzelius, Wöhler und Liebig, sahen in seinen Theorien unsachgemäße Grillen und fanden um so leichter Gehör als Schwanns Versuche in technischer Hinsicht recht anfechtbar waren. Andere Forscher, die sie wiederholten, kamen zu entgegengesetzten Resultaten. So stand die Sache, als ein Forscher erschien, der durch einwandfreie Experimente mit einem Schlage die Mikrobiologie in neue Bahnen leitete.

Louis Pasteur wurde im Jahre 1822 in Dôle, einer Stadt in der alten Provinz Franche-Comté, geboren. Seine Eltern waren kleinbürgerlichen Standes, der Vater war unter Napoleon Unteroffizier gewesen und gründete nach seiner Verabschiedung eine Gerberei, die er mehrfach aus einem Ort in einen anderen verlegte. Der junge Louis erhielt seinen ersten Universitätsunterricht in der Provinz und studierte hernach, gestört durch Entbehrungen, in Paris. Am meisten interessierten ihn die

Naturwissenschaften, und ihn lockte der Lehrerberuf. Er wurde Lehrer an einem Lyzeum in Straßburg, heiratete die Tochter des Schulrektors und veröffentlichte seine ersten chemischen Arbeiten, die ihm im Jahre 1855 eine Professur in der Chemie an der neu errichteten Universität in Lille eintrugen. Vier Jahre später wurde er nach Paris an die École normale berufen. Nebenbei betrieb er seine Untersuchungen über den Gärungsprozeß, die seinen Weltruhm begründeten, und ihm Erfolge über Erfolge eintrugen. Er verstand es in hohem Grade, seine Forschungsergebnisse für die Menschheit nutzbar zu machen, gleichviel ob es sich um die Erfindung einer neuen Konservierungsmethode für Nahrungsmittel, Verhinderung von Tierseuchen oder Behandlung der bis dahin für unheilbar gehaltenen Tollwut handelte. Die letztgenannte Entdeckung wurde besonders populär, und es wurde in Paris durch Geldspenden aus der ganzen Welt im Jahre 1889 ein Institut geschaffen, das seinen Namen trägt und bestimmt war, Untersuchungen auf den von ihm bevorzugten Gebieten zu dienen und von ihm geleitet zu werden. Schon früher waren aus allen Ländern Schüler herbeigeströmt, die in seinem Laboratorium arbeiteten und von denen viele großes Ansehen erwarben. Ganz frei von Schatten ist aber auch Pasteurs glänzende Laufbahn nicht gewesen. Er war politisch konservativ und ein warmer Bewunderer des französischen Kaisertums und dazu noch ein streng rechtgläubiger Katholik. Dieses bereitete ihm Gegner im radikalen Lager, deren Stimmung auch in der wissenschaftlichen Polemik gegen ihn zutage tritt. Zum Schluß verstummte jedoch dieser Mißton, zumal Pasteur sich nie in politischen Fragen praktisch betätigte. Im Alter wurde er durch Kränklichkeit geplagt. Schon 1868 erlitt er einen Schlaganfall mit teilweiser Lähmung des einen Armes, was ihn aber nicht hinderte, mit gewohntem Erfolge seine Arbeit fortzusetzen. Allmählich aber nahmen seine Kräfte doch ab, und im Jahre 1895 endete sein Leben. Sein Name aber lebt fort in seinen Werken und in den zahlreichen in anderen Ländern gegründeten „Pasteurinstituten“ als der eines der größten Gelehrten seines Jahrhunderts.

Pasteur begann seine Forschungen auf rein chemischem Gebiete. Er untersuchte organische Säuren, besonders solche, die Isomerien zeigten, und gelangte dabei zu wertvollen Ergebnissen. Diese veranlaßten ihn, der Frage von der molekulären Struktur des Zuckers näher zu treten und der Art, auf welche dieser Stoff in verschiedene isomere Alkohole und Säuren umgewandelt wird, d. h. mit anderen Worten dem Gärungsprozeß. Seine ersten Resultate auf diesem Gebiete galten der Milchsäurebildung. Er fand auf der Oberfläche gesäuerter Milch kleine grauliche Flecke, die er mikroskopisch und experimentell untersuchte. Unter dem Mikroskope erschienen sie als eine Masse kleiner, rundlicher Gebilde, kleiner als die, welche die gewöhnliche Hefe bilden. Brachte er sie in

eine Zuckerlösung, so zerlegten sie diese sogleich in Milchsäure. Ohne einstweilen über ihre Herkunft irgendwelche Schlüsse zu ziehen, erklärte er, daß jede Gärung durch solche kleine Organismen verursacht werde. Mische man solche von einer bestimmten Sorte einer Zuckerlösung bei, so erhalte man eine bestimmte Gärungsform, Alkoholgärung, Buttersäurebildung usw. Lasse man aber eine geeignete Zuckerlösung offen stehen, so würden mehrere Spaltungsprozesse gleichzeitig eingeleitet, und zwar durch verschiedene gleichzeitig auftretende Organismen.

Es ist klar, daß die Chemiker der alten Schule über diese Neuerungen wenig erbaut waren. Sie fanden einen Verbündeten in Félix Archimède Pouchet (1800—1872), Professor in Rouen, und als Botaniker und Zoologe angesehen, der in einer Reihe von Untersuchungen beweisen wollte, daß die Mikroorganismen, die bei der Gärung und Fäulnis auftreten, durch Urzeugung entständen und zwar gerade infolge dieser chemischen Umwandlungen. Die Gärung sei also die Einleitung zu dem Prozeß, durch den, infolge der Zerlegung vorhandener organischer Substanz, Lebewesen aufträten. Nach dieser Theorie waren ja Pasteurs Gärungsexperimente sinnlos, und zwischen diesen beiden Experimentalforschern entspann sich eine jahrelange Polemik, welche die wissenschaftliche Welt und das gebildete Publikum mit der Zeit auf das lebhafteste interessierte. Für Pasteur war der spezifische Charakter der verschienen Gärungsorganismen an sich ein Beweis, daß sie keine chemischen Umwandlungsprodukte, sondern wirkliche Arten lebender Wesen wären, die durch Vermehrung vorhandener Individuen entständen. Woher kommen aber alle diese verschiedenen Organismen, die sich selbst überlassene Zuckerlösungen unmittelbar bevölkern und zu lange aufbewahrte Lebensmittel verderben? Schwann hatte die Fäulnis aus der Luft hergeleitet und Pasteur versuchte durch Experimente zu beweisen, daß dem so sei. Er filtrierte Luft durch eine mit Watte gefüllte Röhre und erhielt dabei eine Ansammlung von festen Partikeln, die er unter Anwendung sorgfältiger Vorsichtsmaßregeln in einen Kolben mit gekochter und abgekühlter Zuckerlösung brachte, dessen Hals zugeschmolzen wurde. Nach einigen Tagen konnte festgestellt werden, daß in der Flüssigkeit eine reiche Vegetation von Mikroorganismen entstanden war, deren Herkunft nun bekannt war — sie hatten sich in eingetrockneter Form im Staube der Luft befunden. Andererseits konnte man eine Zuckerlösung, die man in einem Kolben kochte, dessen Hals während des Kochens zugeschmolzen wurde, beliebig lange unverändert aufbewahren. Pouchet versuchte auf verschiedene Weise diese Experimente zu widerlegen. Er wollte beweisen, daß Organismen keine Eintrocknung vertrügen, daß sie nicht, wie Pasteur versichert, in der Luft verbreitet wären, und daß die gekochte Milch ebenfalls sauer werde. Der Raum gestattet uns nicht, den Streit in allen Einzelheiten

weiter zu verfolgen, etwa wie beide Parteien auf hohen Bergen Luftproben nahmen, um mit ihnen ihre Behauptungen zu beweisen, wie Pasteur entdeckte, daß gewisse Organismen die Erwärmung bis zum Siedepunkt des Wassers ertragen ohne zu sterben, wodurch er das Sauerwerden gekochter Milch erklärte, wie er eine ganze Reihe sinnreicher Apparate ersann, um zu beweisen, daß die Gärungsorganismen stets aus der äußeren Luft stammten, und daß das Kochen der Versuchsflüssigkeiten und Erhitzen der mit ihnen in Berührung kommenden Luft unfehlbar jede Entstehung organischen Lebens in ihnen ausschließe. Die beiden Gegner durften ihre Experimente vor der französischen Akademie der Wissenschaften ausführen, und es glückte Pasteur, einige ihrer hervorragendsten Forscher zu überzeugen, nämlich Milne-Edwards, Claude Bernard und den Chemiker Chevreul. Aber auch Pouchet hatte seine Verteidiger und gewann namentlich im wissenschaftlich gebildeten und halbgebildeten Publikum einen großen Anhang unter solchen Leuten, die in der Urzeugung eine „philosophische Notwendigkeit" sahen, eine zur Erklärung der Entstehung des Lebens unentbehrliche Annahme, von der sie meinten, daß Pasteur als gläubiger Katholik durch das Dogma verhindert wäre, sie richtig zu beurteilen. Es standen also Behauptungen gegen Behauptungen, und die Lösung der Frage wäre nicht vom Fleck gekommen, wenn nicht Pasteur seine Ansicht in großem Umfange zu praktischen Zwecken hätte nutzbar machen können. Er erfand in den folgenden Jahren seine bekannten Methoden, Milch durch „Pasteurisierung", d. h. Erhitzen, zu konservieren, die Wein- und Bierfabrikation durch Regelung der Gärungsvorgänge zu verbessern, den Krankheiten der Seidenwürmer und auch der Hühnercholera durch Bekämpfung der sie bewirkenden Mikroorganismen vorzubeugen. Diese Entdeckungen gehören jedoch schon dem nächsten Zeitabschnitt an, ebenso wie die Entwicklung und Vervollkommnung der Bakteriologie und Fermentforschung durch Koch, Hansen und eine Menge anderer Forscher. Eine großartige praktische Bestätigung wurde schließlich Pasteurs Ansicht von der Entstehung der Mikroorganismen zuteil durch die Entwicklung der modernen Medizin, die Anti- und Aseptik in der Chirurgie, die Desinfektion und die Behandlung der ansteckenden Krankheiten. Die Urzeugung hörte infolge dieser täglich aufs neue bestätigten Tatsachen auf als eine Möglichkeit angesehen zu werden, mit der die Biologie unserer Zeit zu rechnen hätte. Von ihr ist auch nicht mehr die Rede, wenn es gilt, aktuelle Erscheinungen zu erklären. Daß hingegen ihre theoretische Möglichkeit fortlaufend eifrig erörtert wurde, beruht auf den naturphilosophischen Spekultionen unserer Tage, die in einem folgenden Kapitel behandelt werden sollen.

4. Botanik.

Eine Übersicht der wichtigsten Ereignisse in der Geschichte der Botanik, besonders der Pflanzensystematik bis zu dem Zeitabschnitt, dem dieses Kapitel gewidmet ist, ist nötig zu Gewinnung eines umfassenden Bildes von der Entwicklung der Biologie in der hier geschilderten Zeit. Diese Übersicht beginnend, müssen wir zu Linnés Zeitalter zurückkehren. Wie wir uns erinnern, stellte Linné einerseits ein künstliches System auf, das ausschließlich auf dem Bau der Blüten beruht und vorzüglich zur praktischen Bestimmung geeignet war, und andererseits ein natürliches, auf den allgemeinen Formen der Pflanzen beruhendes, an dem er während seines ganzen Lebens arbeitete, ohne einen befriedigenden Abschluß zu finden. Seine nächsten Nachfolger vernachlässigten dieses letztgenannte Erbe, ungeachtet der großen Entwicklungsmöglichkeiten, die es bot, und begnügten sich damit, so viele neue Pflanzen als möglich nach dem Sexualsystem zu bestimmen. In dieser Zeit erschien eine bedeutende Anzahl guter systematischer Werke, und besonders die Kryptogamenforschung machte große Forschritte, aber Beiträge zur Entwicklung des Systems selbst wurden nicht geliefert, bis zwei Jahrzehnte nach Linnés Tode Jussieus systematisches Werk „Genera plantarum" erschien.

Antoine Laurent de Jussieu entstammte einer Familie, die schon früher Frankreich zwei hervorragende Botaniker, die am meisten mit Tournefort geistesverwandt waren, geschenkt hatte. Besonders Bernard de Jussieu, ein Onkel des oben genannten, hatte bedeutende Beiträge zu einem natürlichen System gesammelt, das er aber nicht zu Ende geführt hatte. A. de Jussieu wurde zu Lyon im Jahre 1748 geboren, studierte in Paris Medizin, wurde Professor am Jardin des Plantes, bekleidete danach einige andere botanische und medizinische Ämter und wurde schließlich Professor der Pharmazie in der medizinischen Fakultät. Lange tätig erreichte er ein hohes Alter und starb im Jahre 1836. In seiner oben angeführten Hauptarbeit hat Jussieu ein natürliches Pflanzensystem, das erste in seiner Art, aufgestellt und abgeschlossen. Gleich Ray verwendet er die Keimblätter als erstes Merkmal bei der Einteilung des Pflanzenreiches und begründet diese Wahl mit der Bemerkung, die Keimblätter seien der wichtigste Teil des Keimes, aus dem die Pflanze entstehe und dem Herzen der Tiere vergleichbar. Demnach teilt er die Pflanzen in Akotyledonen, Monokotyledonen und Dikotyledonen ein, und diese Einteilung ist seither bestehen geblieben. Die drei Hauptabteilungen werden darauf in Ordnungen eingeteilt, deren Namen und Grenzen er teils Linnés Entwurf eines natürlichen Systems, teils den Vorarbeiten seines Onkels Bernard entnimmt. Einige von diesen Ordnungen sind in der Tat natürlich, während andere äußerst unglück-

lich zusammengestellt sind, besonders unter den Akotyledonen, zu denen nicht nur Linnés Kryptogamen sondern auch die Najadeen gerechnet werden. Zu den Farnen rechnet er Cycas und weist ihr den Platz zwischen den Polypodien und Equiseten an. Seine Gattungen bildet Jussieu hauptsächlich im Anschluß an Tournefort, während seine Artdefinitionen mehr an die von Ray als an die von Linné erinnern. Sehr originell ist Jussieu demnach als Forscher nicht, aber er hat das Verdienst, ein wirklich natürliches System im Gegensatz zu Linnés Sexualsystem ausgearbeitet zu haben, das hernach auch der Ausgangspunkt für alle folgenden Systemverbesserungen wurde.

Ein weit bedeutenderer Forscher war der schon früher als Entdecker des Zellkernes genannte Robert Brown (1773—1858). Als Sohn eines schottischen Pfarrers studierte er in Edinburgh Medizin und wurde Militärarzt, beschäftigte sich aber gleichzeitig mit Botanik und begleitete als Botaniker eine vom Kapitän Flinders geleitete Expedition nach Australien. Brown blieb vier Jahre dort und kehrte mit großen Sammlungen heim, um Bibliothekar der Linnean Society und Kustos am Britischen Museum in London zu werden. In dieser Stellung genoß er den Ruf, einer der hervorragendsten Botaniker seiner Zeit zu sein. Ein größeres Werk hat er nie herausgegeben, und seine Abhandlungen erschienen gesammelt merkwürdigerweise zuerst in deutscher Übersetzung, herausgegeben von dem ihm wissenschaftlich wenig nahestehenden Nees von Esenbeck. Ein eigenes System hat er gleichfalls nicht ausgearbeitet und verwendet in seinen Arbeiten bald Linnés künstliches, bald und öfter Jussieus natürliches System. Sein Verdienst liegt in der Sorgfalt und Genauigkeit, mit der er die einzelnen Ordnungen oder Familien, wie er sie öfters nennt[1]), bearbeitet und analysiert. Seine Untersuchungen der Kompositen, Asclepiadeen und vieler anderen Familien sind als Muster für die Forschung späterer Zeiten hingestellt worden und haben viel dazu beigetragen, das natürliche System dem wissenschaftlichen Bewußtsein einzuverleiben. Außerdem war Brown ein hervorragender Pflanzengeograph, der seine Aufmerksamkeit besonders auf die Verbreitung der Familien mit Bezug auf die klimatischen Verhältnisse studierte. In dieser Hinsicht war schon seine Flora Australiens vorzüglich und erregte Humboldts große und schmeichelhafte Aufmerksamkeit.

Als einer der hervorragendsten Bahnbrecher der Botanik ist auch Augustin Pyrame de Candolle zu nennen. Er wurde 1778 in Genf geboren, wo seine Familie schon von altersher großes Ansehen genoß,

---

1) Die Bezeichnung Familie als Ausdruck für die natürlichen Gruppen im Pflanzenreiche dürfte von dem französischen Botaniker Michel Adanson (1727 bis 1806) herstammen, dessen unter dem Einfluß von Buffon unternommener Versuch eines natürlichen Systems für das Pflanzenreich an und für sich mißglückt war.

und widmete sich früh den Naturwissenschaften, welche damals zur Zeit von Bonnet und Saussure in seiner Vaterstadt in hohem Ansehen standen. Nach vorbereitenden Studien begab er sich nach Paris, um dort seine Ausbildung zum Botaniker fortzusetzen. Im Umgang mit Lamarck, Cuvier und Geoffroy verlebte er in Paris ein Jahrzehnt, während dessen sein Ansehen wuchs und er öffentliche Aufträge erhielt. Unter anderem machte er im Auftrage des Staates Forschungsreisen in verschiedene Gegenden von Frankreich, Lamarck überließ ihm die Abfassung seiner Flora von Frankreich, und schließlich wurde er Professor in Montpellier. Im Jahre 1816 kehrte er jedoch nach Genf zurück, das während der Revolution mit Frankreich vereinigt worden war, aber nach Napoleons Tode wieder zur Schweiz kam. Er lebte seitdem in seiner Vaterstadt als Professor der Botanik und Mitglied des großen Rates, geehrt und angesehen bis zu seinem Tode im Jahre 1841.

De Candolle beherrschte wie kein anderer unter seinen Zeitgenossen das ganze Gebiet der Botanik. Er war Systematiker, Morphologe und Physiologe in einer Person. Das von ihm begonnene Riesenwerk „Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis", das Beschreibungen aller bekannten Pflanzen enthalten sollte, wurde aus begreiflichen Gründen zu seinen Lebzeiten nicht fertig, und sein Sohn und eine Menge anderer setzten es nach seinem Tode fort. Die Grundsätze, nach denen er das Pflanzenreich bearbeitete, veröffentlichte er 1813 in seiner „Théorie élémentaire de la botanique", die er mehrere Male umarbeitete, und die ohne Zweifel sein bestes Werk ist und sich würdig Linnés „Philosophia botanica" anschließt, der gegenüber sie einen großen Fortschritt bezeichnet. Dieses Werk, das offenbar durch das obengenannte von Linné angeregt worden ist, beginnt mit einer allgemein wissenschaftlichen Theorie, nach der die Natur von vier großen Kräften beherrscht wird, der Attraktion und der Affinität, den Grundlagen der physikalischen und chemischen Phänomene, der Lebenskraft, die allen Lebewesen gemeinsam ist, und der Sensibilität, die das Tierreich gegenüber dem Pflanzenreiche kennzeichnet. Diese vier Kräfte entsprechen vier Wissenschaften, der Physik, Chemie, Physiologie und Psychologie. Diese ausgeprägt vitalistische Auffassung wird noch deutlicher ausgedrückt in der Behauptung, daß „die Lebenskraft nach Bedarf die gewöhnlichen Gesetze der Materie aufhebt oder modifiziert". Übrigens ist de Candolle durchaus kein phantastischer Naturphilosoph, sondern hat im Gegenteil dieselbe nüchterne und kritische Auffassung von den Naturerscheinungen wie Cuvier, dessen Korrelationstheorie er auf das Pflanzenreich anwendet. Er ist nämlich der Ansicht, daß die beiden wichtigsten Organsysteme der Pflanzen, das vegetative und das sexuelle, voneinander abhängen. Eine Pflanze mit hoch entwickelten Fortpflanzungsorganen könne keine primitiven vege-

tativen Organe besitzen und umgekehrt. Deshalb müsse ein natürliches System, das unter allseitiger Beachtung der ganzen Fortpflanzungsorganisation aufgestellt wäre, ohne weiteres mit einem solchen übereinstimmen, das mit Rücksicht auf die vegetativen Organe erdacht sei, was durch Beispiele bewiesen wird. Im Anschluß hieran hebt er, namentlich im Hinblick auf Linné hervor, daß im Pflanzenreiche eine allgemeine Symmetrie herrsche, eine Organisationsnorm, welche in den einzelnen Fällen dadurch modifiziert werde, daß ein und dasselbe Organ verschiedenen Zwecken dienen könne, und die übrigen Organe entsprechende Veränderungen erlitten. Als solche Veränderungen nennt er Verkrüppelung, Degeneration und Verwachsung. Nach seiner Meinung steht eine Blüte mit freien Blütenblättern höher als eine mit verwachsenen. Dieses Prinzip, daß er in seinem System anwendet, ist von der Nachwelt nicht angenommen worden. Im übrigen hat er in seinem System Neuerungen von bleibendem Werte eingeführt. Die Unterscheidung zwischen Gefäß- und Zellenpflanzen stammt von ihm, ebenso wie der Gegensatz zwischen den Lagerpflanzen und den höheren Gewächsen. Auch seine Einteilung der Dikotyledonen in Klassen ist zum großen Teil von der Nachwelt angenommen worden. Im übrigen weist de Candolle Lamarcks Theorie von einer einzigen Entwicklungsreihe der Organismen energisch zurück und schließt sich Linnés Ansicht an, nach der das natürliche System einer Landkarte gleicht. Sein Artbegriff steht auch dem Linnéschen ganz nahe. Nach de Candolle ist eine Art „die Zusammenfassung aller Individuen, die einander mehr als anderen gleichen, durch Befruchtung untereinander fruchtbare Nachkommen erzeugen und sich durch Zeugung vermehren, so daß man den Analogieschluß ziehen kann, daß sie ursprünglich von einem Individuum herstammen“. Das Entstehen von Varietäten erklärt er teils durch Einwirkung lokaler Lebensverhältnisse, teils durch Hybridisierung. Außerdem unterscheidet er gewisse Varietäten, die man für ebenso konstant ansehen müsse wie die Arten und die von den zufälligen Lokalvarietäten zu trennen wären. Die Gattung wird definiert als eine Sammlung von Arten, die einander hinsichtlich aller Organe auffallend ähnlich sind, und die Familien und höheren Kategorien erhalten ähnliche Definitionen.

Unter de Candolles übrigen Arbeiten mag seine „Organographie“ genannt sein, eine Schrift über die Organsysteme der Pflanzen, und seine „Physiologie végétale“, eine für ihre Zeit vorzügliche Arbeit, die auf einer eingehenden Kenntnis der Lebensverhältnisse der Pflanzen und der dabei in Betracht kommenden chemischen und physikalischen Prozesse beruht. Dieses Werk muß hier jedoch beiseite gelassen werden, denn als Reformator und Theoretiker auf dem Gebiete der Systematik ist es, wo de Candolle seinen großen Beitrag zur Geschichte der Biologie liefert.

Eine weitere Entwicklung erfuhr die Pflanzensystematik durch Stephan Ladislaus Endlicher (1805—1849). Geboren in Preßburg und Sohn wohlhabender Eltern studierte er zuerst Theologie, aber trieb gleichzeitig Botanik und morgenländische Sprachen. Er wurde Professor der Botanik und Leiter des botanischen Gartens in Wien und war bekannt für seine große Freigebigkeit, mit der er Unternehmungen zur Förderung der Naturwissenschaft in Österreich unterstützte. Sein Herbarium schenkte er dem Staate und gab auf eigene Kosten eine botanische Zeitschrift heraus. Gleichzeitig machte er sich einen Namen als Kenner der chinesichen Sprache. Als Lehrer war er sehr beliebt. Im Revolutionsjahre 1848 wollte er im Vertrauen auf seine Beliebtheit bei den Studenten diese mit der Regierung aussöhnen, wurde aber von ihnen aus Wien vertrieben. Hierdurch erschüttert, starb er bald darauf, wie man sagt, durch eigene Hand. Sein großes Werk über die Systematik der Pflanzen sind die „Genera plantarum", welche alle bis dahin bekannten Pflanzengattungen, nach einem natürlichen System geordnet, umfassen. Eine kurze Übersicht über das Gebiet gab er in seinem „Enchiridion". Sein Verdienst liegt weniger in neuen Ideen auf dem Gebiete der Systematik, sondern darin, daß er eine besonders klare, übersichtliche und vollständige Beschreibung und Umgrenzung von Familien und Gattungen schuf, die sein Werk zu einer Grundlage für spätere Arbeiten auf dem Gebiete der Pflanzensystematik machte.

Neben dieser allgemeinen systematischen und morphologischen Forschung entwickelte sich ein lebhaftes Studium einzelner Gebiete innerhalb der Botanik, wobei die bis dahin vernachlässigten niederen Pflanzen besonderes Interesse erweckten. Als Bahnbrecher auf diesem Gebiete verdient Johann Hedwig (1730—1799) genannt zu werden. In Ungarn geboren, war er in Leipzig tätig, anfangs als Arzt, später als Professor der Botanik. Er machte sich an die Erforschung der Fortpflanzung der Kryptogamen und beobachtete genau die Verstreuung und das Keimen der Sporen. In erster Linie beschäftigte er sich mit den Moosen und war auf diesem Gebiete bahnbrechend. Er teilte die großen und unbequemen Linnéschen Gattungen auf in eine Anzahl kleinerer, aber gut charakterisierter Gattungen, die sich zum Teil bis jetzt erhalten haben, und fand ein gutes Merkmal für die Einteilung in der Form und Randbildung der Kapseln. Seinem Beispiel folgten später viele andere Forscher, so daß die Muskologie nunmehr ein gründlich durchgearbeitetes Spezialfach der Botanik bildet.

Viel später als die Moose wurden die Algen und Pilze Gegenstand besonderer Bearbeitung. Unter den Algenforschern haben wir schon früher einen ihrer ersten Bahnbrecher, Carl Adolf Agardh geschildert. Sein Sohn, Jacob Georg (1813—1901), trat in des Vaters Fußspuren.

In einem anderen Schweden, Elias Fries (1794—1878), fand die Pilzforschung einen hervorragenden Vertreter. Geboren als Pfarrerssohn in Småland interessierte er sich schon früh für Botanik, besonders für Pilze. Sehr jung wurde er Dozent in Lund und später Professor in Uppsala. Wenn auch kein Freund von phantastischen Spekulationen, teilte er doch die idealistische Naturauffassung seiner Zeit und nannte in einer seiner Schriften die Biologie eine supranaturalistische Wissenschaft. Er zählte sie nicht zu den exakten Wissenschaften, sondern zu den historischen und erklärte, sie stände der Theologie näher, als der Physik und Chemie[1]). Dennoch ist er in seiner Spezialforschung völlig exakt, und sein Werk über die Pilze war für die Systematik dieser Klasse grundlegend. Seine Beschreibungen von Gattungen und Familien gelten zum Teil noch heute. Außerdem hat Fries ein System der Flechten aufgestellt, und wenn er auch in der Erforschung dieser Pflanzengruppe in seinem Landsmann Erik Acharius (1757—1819) einen Vorgänger hatte, so war es doch immerhin Fries, der das bis in die sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts geltende System erdachte.

Hiermit ist die Schilderung der verschiedenen Gebiete der Biologie bei dem Zeitpunkt angelangt, der durch den Sieg der Abstammungslehre gekennzeichnet ist. Es erübrigt noch eine Übersicht gewisser Erscheinungen auf dem Gebiete der Spekulation, die die Vorbedingungen für die biologische Richtung unserer Zeit waren.

Kapitel XXXVII.

Positivistische und materialistische Naturphilosophie.

In seinem Werke „Geschichte der neueren Philosophie“ spricht Höffding den Gedanken aus, daß zwei geistige Richtungen für das 19. Jahrhundert charakteristisch seien, die Romantik und der Positivismus, die erstere ausgehend vom Gedankenideal, die letztere vom tatsächlich Gegebenen. Diese Einteilung entspricht unzweifelhaft den tatsächlichen Verhältnissen auf dem Gebiete der ganzen Kultur, und der erwähnte Gegensatz macht sich auch in der Entwicklung der Biologie deutlich geltend. Die am Anfang des Jahrhunderts vorherrschende romantische Auffassung der Natur sah in der Idee die wahre Wirklichkeit und in den tatsächlichen Lebensformen nur ihre Modifikationen. Man suchte nach einer Urform oder einem Urtypus, mit dem die lebenden Formen verglichen wurden. So verfuhren jeder in seiner Weise Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire und R. Owen, der letztgenannte sogar noch bis gegen die Mitte des Jahrhunderts, wo bereits eine ganz andere Auffassung der Natur-

1) Eigentümlich ist es, daß Haeckel von seinem Standpunkt aus zu ähnlichen Ergebnissen kam, worüber weiterhin die Rede sein wird.

erscheinungen Geltung gewann und sich Jahr für Jahr mehr im allgemeinen Bewußtsein der Menschheit ausbreitete. Wenn auch noch Vertreter der alten Ideale bis weit in die zweite Hälfte des Jahrhunderts hinein lebten, so kann man doch sagen, daß die neue Auffassung schon in den sechziger Jahren den Sieg davon trug. Die Opposition gegen das Alte trat zuerst auf sozialem und politischem Gebiete hervor, um erst später auch in der Wissenschaft und Literatur aufzutreten. Sie war ja ursprünglich in den Ländern zu Hause, wo das öffentliche Leben die freieste Bewegung zeigte, nämlich in Frankreich und England. Erst später und unter anderen Formen trat sie in Deutschland und Skandinavien auf.

In Frankreich herrschte zu und noch mehr nach Napoleons Zeit eine gewaltige Reaktion gegen die radikalen Ideen, welche die Aufklärung des 18. Jahrhunderts geschaffen und die Revolution versucht hatte, in Wirklichkeit umzusetzen. Diese Reaktion spielte sich mehr auf dem sozialen und politischen Gebiete ab, weniger auf dem wissenschaftlichen, obgleich auch sie ihre gelehrten Theoretiker hatte, wie z. B. den genialen und fanatischen Joseph de Maistre. Aber die Theoretiker der Aufklärungszeit ließen sich doch nie ganz unterdrücken. Sie lebten fort zugleich mit der Sehnsucht nach der politischen Freiheit der Revolution und fanden eine Stütze in den Naturwissenschaften, die damals eine glänzende Blütezeit in Frankreich hatten, gepflegt von Männern, welche im allgemeinen ungestört von allen theoretischen Spekulationen arbeiteten. Im vorhergehenden sind die wichtigsten Vertreter der französischen Biologie jener Zeit geschildert worden, und die Physik, Chemie und Astronomie waren nicht minder glänzend vertreten. Die Ergebnisse dieser Wissenschaften wurden auf eine besonders eindrucksvolle Art durch ihre großartige Anwendung im praktischen Leben jedermann vor Augen geführt, denn es begann gerade jener technische Aufschwung, der hernach den bemerkenswertesten Zug des 19. Jahrhunderts bildete. Die Dampfkraft begann in Industrie und Verkehr ihre Rolle zu spielen, die Chemie machte sich in zahllosen Fällen im täglichen Leben der Menschen geltend, und etwas später gesellte sich zu ihnen die Elektrizität mit der reichlichen Verwendung ihrer Kraft im praktischen Leben. Alles dieses bewirkte, daß die Naturwissenschaften im Volksbewußtsein zu einem Ansehen gelangten, wie nie zuvor. Von ihnen erwartete man für die Menschheit glücklichere Tage, während Theologie und Philosophie als Dienerinnen der Volksbedrücker Haß und Verachtung ernteten. Könnten nicht, fragte man sich, alle Formen der menschlichen Kultur in den Schutz der Naturwissenschaften gestellt, durch sie erklärt und in ihrem Geiste entwickelt werden? Diese Frage wurde von vielen unbedingt bejaht und in erster Linie von Comte, einem von Frankreichs genialsten und einflußreichsten Denkern.

Isidore Auguste Marie François Xavier Comte wurde im Jahre 1798 zu Montpellier in einer urkatholischen und hochkonservativen Familie geboren und streng in ihrem Geiste erzogen. Aber schon als vierzehnjähriger Knabe fing er an, an den ihm eingeprägten Dogmen zu zweifeln, und als er hernach in Paris auf dem polytechnischen Institute studierte, wurde ihm sein oppositioneller Standpunkt klar und noch verschärft durch eine Maßnahme der Regierung, die jene als Oppositionsherd gefürchtete Lehranstalt schließen ließ, bevor er seine Studien beendet hatte. Er konnte also kein Examen machen, was für seine Zukunft verhängnisvolle Folgen hatte. Er setzte jedoch trotz des Widerstandes seiner Eltern seine Studien in Paris fort und vermehrte noch seine ohnehin gründlichen Kenntnisse in der Mathematik, Physik und Chemie. Bald kam er in den Ruf eines genialen Gelehrten und hatte hervorragende Gönner wie Humboldt, Blainville und andere, aber eine staatliche Anstellung erhielt er nie, sondern mußte sich während seines ganzen Lebens durch Privatunterricht ernähren, abgesehen von einigen Jahren, wo er als Hilfslehrer angestellt war. Zum Teil erklärte sich das durch den eigentümlichen theoretischen Standpunkt, den er einnahm. Schon in der Jugend hatte er sich vorgenommen, sein Leben der Schaffung eines allgemeinen Systems zu widmen, in welchem das ganze Dasein nach naturwissenschaftlicher Methode behandelt werden sollte, sowohl die Natur als auch das Menschenleben. Auf diese Weise sollte eine Universalwissenschaft zustandekommen, mittels der man alle Fragen des Lebens lösen könnte, nicht nur die theoretisch wissenschaftlichen, sondern auch ganz besonders die sozialen und politischen. Die ersten Entwürfe dieses Systems gab er in Form von privaten Vorlesungen, zu denen es ihm gelang, eine Menge Zuhörer zu versammeln. In den Jahren 1830—1842 arbeitete er seinen berühmten „Cours de philosophie positive" aus, der sechs mächtige Bände umfaßt. Eigenartig war auch seine Art zu arbeiten. Im Vertrauen auf sein phänomenales Gedächtnis benutzte er während der Arbeit keine Literatur, sondern schrieb den Inhalt eines Bandes in einem Zuge nieder, nachdem er den Inhalt im Kopfe ausgearbeitet hatte. Unter solchen Umständen war es unvermeidlich, daß sich eine große Menge sachlicher Fehler und stilistischer Wiederholungen einschlichen. Dieses Werk hatte auf verschiedenen Gebieten der Kultur einen tiefgehenden Einfluß, und da in ihm die Biologie eine große Rolle spielt, verdient es hier um so mehr referiert zu werden, als es die biologischen Theorien der nächstfolgenden Zeit beeinflußt hat.

Eine positive Philosophie war es, die Comte schaffen wollte. Er versteht gleich dem von ihm hoch bewunderten Aristoteles unter Philosophie eine allgemeine Daseinskunde und unter positiv „la même chose que réel et utile". Dieses „wirkliche und nützliche" Wissen will

er nun an die Stelle des theologischen und metaphysischen setzen, von dem er meint, daß es in den früheren Zeitaltern geherrscht habe. Das Wesentliche des Daseins sieht er in der Entwicklung, die stets war und ist, und in diesem Punkte hat er die Bahn gebrochen für diejenige Erklärung des Lebens, welche seitdem die menschliche Kultur beherrscht. Aber im Gegensatz zu so vielen anderen positivistischen Denkern sucht er diese Entwicklung nicht in der Natur, die Geologie z. B. interessiert ihn gar nicht, sondern im Menschenleben. Er sieht in der Geschichte des menschlichen Denkens drei aufeinanderfolgende Stadien, das theologische, als man in persönlichen Göttermächten die Ursache allen Geschehens sah, das metaphysische, als man an Stelle der persönlichen unpersönliche Kräfte annahm, und das positivistische, wo man nicht mehr über die Ursache des Geschehenden nachgrübelt, sondern sich damit begnügt, die Tatsachen festzustellen und ihren Verlauf zu beobachten. Das theologische Stadium kulminierte im Katholizismus des Mittelalters, für den Comte trotz allem große Sympathie hegte. Als Gründer des Positivismus führt er Bacon und Galilei an, deren Naturerklärung man seiner Meinung nach auf alle Erscheinungen anwenden müsse. Das dazwischen liegende metaphysische Stadium hält er für das schlimmste von allen. Es ist der Glaube der idealistischen Philosophie an geistige Realitäten, der mit Descartes beginnt und mit der romantischen Philosophie abschließt, der von ihm scharf und in der Hauptsache mit Recht kritisiert wird. Seine Naturerklärung ist dieselbe wie Galileis, nämlich daß man nicht das Wesen sondern nur die Wirkung der Naturkräfte ergründen könne. Darin hat er ja unstreitig recht. Seine Schwäche liegt aber in seinem Hang, die Erscheinungen zu schematisieren und alle Phänomene auf einfache Formeln zu reduzieren, auch wenn sie kompliziertester Art sind. Er vergißt somit Galileis andere große Mahnung, zu messen, was meßbar ist, und meßbar zu machen, was nicht meßbar ist. Er meint also, daß jedes Wesen, namentlich jedes lebende, von zwei Seiten her studiert werden könne, von der statischen und der dynamischen oder als potenziell und als aktuell. Die Biologie zerfalle also in einen statischen Teil, die Anatomie, und einen dynamischen, die Physiologie, und alle übrigen Wissenschaften ebenso. Diese Einteilung in Statik und Dynamik verdankt Comte nach seiner eigenen Angabe Blainville. Sie findet sich auch in Haeckels „Generelle Morphologie". Alle Wissenschaft muß nach Comte entsprechend der von Botanikern und Zoologen angewandten Methode klassifiziert werden. Demnach erhalte man sechs verschiedene Zweige der Wissenschaft, die Mathematik, Astronomie, Physik, Chemie, Biologie und soziale Physik oder, mit einem von Comte erfundenen und nun allgemein angenommenen Wort, Soziologie. Jede von diesen Wissenschaften stützt sich auf alle vorhergehenden in jener Reihe und

kann ohne Kenntnis derselben nicht beherrscht werden. Die biologische Abteilung ist es, die für unsere Betrachtung in erster Linie in Betracht kommt.

Comtes biologische Spekulationen schließen sich, wie er selbst mehrfach eingesteht, an die von Blainville an, entbehren aber natürlicherweise völlig der Kontrolle, der dieser hervorragende Zoologe die Theorien in seinen Spezialforschungen unterwarf. Blainvilles Ansicht, daß das Leben in „composition et décomposition" bestehe, wird auch von Comte geteilt, der auf sie gestützt Stahls Vitalismus und Boerhaaves Mechanismus zurückweist. Dagegen nimmt er Bichats Gewebelehre an und betont energisch, die Struktur sei das Wesentliche bei einem lebenden Organismus. Auch Bichats „organisches und animales Leben" wird gutgeheißen. Das Leben selbst definiert Comte als „das Verhältnis zwischen Organismus und Milieu". Es kann sowohl in seinem statischen als auch in seinem dynamischen Teil nach drei verschiedenen Methoden, Beobachtung, Experiment und Vergleichung, studiert werden. Die Beobachtung ist die grundlegende Methode und muß mit allen vorhandenen technischen Hilfsmitteln ausgeführt werden. Dagegen wird das Experiment, namentlich die Vivisektion, die das Verhältnis zwischen dem Organismus und der natürlichen Umwelt stört und daher abnorme Zustände schafft, verurteilt, zumal sie außerdem zu Grausamkeit führt. Comte nennt zwar nicht Magendies Namen, deutet aber offenbar auf ihn hin. — Als die vorzüglichste biologische Methode nennt er die vergleichende, welche ebenso auf verschiedene Teile und Entwicklungsstadien desselben Individuums wie auch auf verschiedene Lebensformen angewendet werden kann. Die letztgenannte Art des Vergleiches sollte sich sowohl auf Organe als auch auf Gewebe beziehen. Comte nimmt ein Urgewebe an, aus dem sich alle anderen Gewebs- und Organformen ableiten ließen, verwirft aber die damals gerade aufkommenden Zelltheorien. Diese Ableitung ist jedoch ebenso idealistisch wie Cuviers vergleichende Anatomie. Comte hält nämlich gleich diesem an der Unveränderlichkeit der Arten fest, „denn die Idee der Art müßte unbedingt aufhören eine exakt wissenschaftliche Definition zu sein, wollte man eine unbegrenzte Umformung verschiedener Arten, der einen in die andere, zugeben". Diese Abneigung Comtes gegen die Abstammungslehre war gewiß die Ursache, weshalb Haeckel ihn nicht als seinen Vorgänger in der Lehre des Monismus anerkennen wollte, obgleich er es mehr als irgendeiner von denen war, die Haeckel anführt.

Die Einzelheiten in Comtes biologischer Spekulation haben natürlich nur noch Kuriositätsinteresse. Hinsichtlich des Systems der Tiere schließt er sich Blainville und dessen ausschließlicher Berücksichtigung äußerer Merkmale an. Selbst teilt er das ganze Tierreich in drei Haupttypen, die Osteozoen, Entomozoen und Malakozoen, oder Wirbeltiere,

Gliedertiere und Weichtiere, ein. Daß diese Einteilung ein Rückschritt und Comtes Typus der Weichtiere eine Erneuerung von Linnés „Vermes" bedeutete, braucht kaum erwähnt zu werden. Aber noch schlimmer ging es mit Comtes Analyse der „intellektuellen und moralischen Gehirnfunktionen", bei der er ganz in das Fahrwasser von Galls Phrenologie geriet. Daß er Descartes Theorie des Parallelismus von Seele und Körper verwirft, ist von seinem Standpunkt aus natürlich, und die übrigen „Metaphysiker" bieten ja auch genug Angriffspunkte. In der Kritik der älteren Psychologie legt also Comte großen Scharfsinn an den Tag, aber in der von ihm selbst geschaffenen Psychologie ist er um so kritikloser. Er leugnet die Möglichkeit psychischer Selbstbeobachtung, denn man könne sich doch nicht in zwei Teile spalten, von denen der eine den anderen beobachte, und auch dem Seelenleben der Tiere, das ein wichtiges Vorstadium des menschlichen bilde, könne man auf diesem Wege nicht beikommen. Die rechte Psychologie müsse sich auf Galls Lehre von den intellektuellen und moralischen Gebieten im Gehirn gründen, die den Beginn einer ganz neuen Psychologie bezeichne. Hier hat die moderne Psychologie Wege eingeschlagen, von denen Comte nichts ahnte, und die von ihm verschmähte „Selbstbeobachtung" voll zur Geltung gebracht.

Die letzten drei Teile von Comtes Werk umfassen die Soziologie, die Lehre von der Statik oder Organisation und von der Dynamik oder Fortentwicklung des Staatswesens. Diese Fragen überwogen zum Schluß ganz sein Interesse für die Naturwissenschaften. Freilich hat er auch hier Anregungen von einiger Bedeutung gegeben. Schon das Prinzip des Studierens des Staatslebens sozusagen vom biologischen Gesichtspunkt aus hat ja in unseren Tagen Aufnahme gefunden, wie auch eine Anzahl von Einzelheiten seines Programmes, z. B. die gemischte Schule. Aber im allgemeinen hat seine Theorie des Staatswesens nur noch Kuriositätsinteresse. Das beruht wohl auf seiner eigenen eigentümlichen Entwicklung. Schon in der Jugend war er geisteskrank gewesen, genas aber wieder. Nach Beendigung seines großen Werkes schrieb er noch eine allgemeine Einleitung, für die er des Größen- und Verfolgungswahnes beschuldigt wurde, und nach dieser Zeit vertiefte er sich immer mehr in sonderbare Utopien, stiftete eine neue Religion, „einen Katholizismus ohne Christentum", wie sie Huxley nannte, mit einem Katechismus, einem Heiligenkalender großer Männer, beginnend mit Moses und abschließend mit Bichat und Gall, die man anbeten müsse, und einem Ritual für den Gottesdienst. Seine wissenschaftlich gebildeten Freunde gaben ihn auf, und nur eine kleine Schar von Gläubigen weniger intelligenter Sorte umgab ihn bis an seinen Tod im Jahre 1857.

Es ist nicht leicht, den Einfluß Comtes auf die Lebensanschauung der Nachwelt zu übersehen. Alles, was in unserer Zeit unter dem Namen

Positivismus, Monismus, Utilitarismus und verschiedenen anderen Bezeichnungen vorhanden ist, hat sich teils direkt, teils indirekt unter der Einwirkung seiner Lehren entwickelt. In bewußter Opposition gegen die ideelle Einheit, in der die Romantik den Zusammenhang des Daseins sah, stellte er die Entwicklung als die zusammenhaltende Macht des Lebens hin. Er sah freilich die biologische Entwicklung nicht in demselben Licht wie die Biologie unserer Zeit, sonst hätte er Lamarck nicht abgelehnt, aber er sah um so schärfer die Entwicklung in der menschlichen Kultur. Dadurch konnte er den verschiedenen Stadien der Geschichte gerecht werden, was die Aufklärung des 18. Jahrhunderts nicht vermochte, und wies andererseits auf Ziele in der Zukunft hin, die wert seien, erstrebt zu werden. Dieser Glaube an die Entwicklung der Menschheit war es, wie wir im folgenden sehen werden, der der Entwicklung in der Natur Anklang verschaffte. Comte hat dadurch mehr als andere der Abstammungslehre den Weg gebahnt. Und wenn auch seine eigene Auffassung der Biologie unvollkommen war, so hatte sie jedenfalls einen Einfluß. Ihre Nachklänge bei Haeckel wurden bereits erwähnt, und man könnte noch andere finden. Auch ein solcher Zug wie seine Vorliebe für vergleichende Untersuchungen und seine Abneigung gegen Experimente finden ihr Gegenstück in einer späteren Zeit. Comtes Namen hat darum auch den ihm gebührenden Platz in der Geschichte der Biologie.

Die übrigen Vertreter des Positivismus in Frankreich, Comtes Schüler, widmeten sich hauptsächlich sozialen und allgemein kulturellen Fragen und können hier übergangen werden, so tiefgehend auch ihr Einfluß auf die allgemeine Lebensanschauung in und außerhalb ihres Landes war. Dasselbe gilt auch in gewisser Hinsicht von den Vorläufern derselben realistischen Gedankenrichtung in England. Dieses Land war ja die Wiege der Aufklärung des 18. Jahrhunderts, deren Ideen hier nie völlig ausstarben, nicht einmal in den Tagen der Romantik. Sie nahmen vielmehr die Form praktisch sozialer Reformbestrebungen an, wie bei Jeremy Bentham und James Mill, welche als die Begründer des Utilitarismus genannt werden, einer allgemeinen und sozial orientierten Lebensweisheit, die darauf ausging, einer möglichst großen Anzahl Menschen möglichst großes Glück zu bieten, ein Glück, das durch möglichst geringe Einschränkung der Tätigkeit des Einzelnen durch die verschiedenen Organe des Staates erlangt werden sollte. Hier tritt also derselbe Glaube an die Entwicklung wie bei Comte, wenn auch in mehr praktischer Form, zutage. Als der hervorragendste Träger dieser Ideen erscheint jedoch John Stuart Mill (1806—1873), ein Sohn des oben genannten James Mill. Er war der Schüler seines Vaters, hatte nie studiert, sondern war in jungen Jahren Staatsbeamter geworden. Eine zeitlang war er mit Comte befreundet und wurde von ihm beeinflußt. Unter seinen Werken wird in

erster Linie sein „System of logic“ erwähnt, eine Analyse der Gesetze des Denkens, die großen Einfluß auf die Generation hatte, welche von Darwins Theorie beherrscht wurde. Besonders Haeckel zitiert oft seine Lehren. Mill leitet alles Wissen aus der Erfahrung ab und diese wieder aus den Sinneseindrücken. Von besonderem Interesse ist seine Analyse der verschiedenen Begriffe der naturwissenschaftlichen Systeme, hauptsächlich des Artbegriffes. Er hält eine wohldefinierte Art für eine Wirklichkeit und nicht bloß für einen konventionellen Begriff, aber betont andererseits, daß sich die Art auf Merkmale und nicht auf einen gedachten Idealtypus stützen müsse. Ein näheres Eingehen auf diese äußerst ausführlichen Begriffsanalysen gehört jedoch mehr in die Geschichte der Philosophie als in die der Biologie. Im übrigen war Mill theoretisch und praktisch als liberaler Sozialpolitiker tätig und hatte als solcher einen weitreichenden Einfluß.

Ein ganz anderes Gepräge zeigt der Durchbruch der realistischen Lebensauffassung in Deutschland. Aus dem vorangegangenen geht hervor, wie die Bildung hier während eines halben Jahrhunderts ganz von der romantischen Ideenphilosophie beherrscht wurde, so daß sogar die Naturwissenschaft in weitem Maße unter den Einfluß ihrer Gedankenkonstruktionen geriet. Die Schellingsche Polaritätstheorie hielt sich zwar nicht lange, aber desto länger herrschte die Hegelsche Philosophie mit ihrer dialektischen Methode und ihrer Verachtung für jede empirische Forschung in der Welt der Spekulation. Aber nach dem Tode des Meisters zerfiel seine Schule, und viele ihrer Mitglieder entwickelten seine Lehren in ausgeprägt radikaler Richtung, so vor allem der bekannte Begründer des Sozialismus Karl Marx, und so auch Ludwig Feuerbach (1804 bis 1872), dessen Ansichten sich stark dem Positivismus Comtes näherten, und der als Denker sich meist mit religionsphilosophischen Problemen beschäftigte, und so ferner D. F. Strauß, der bekannte Bibelkritiker. Andere Philosophen hielten sich an das Alte, während noch andere, und unter ihnen einige der scharfsinnigsten, zu Kants kritischen Untersuchungen zurückkehrten. Während sich also die romantische Philosophie von innen heraus auflöste, erfuhren die Naturwissenschaften den großartigen Aufschwung, der im vorhergehenden geschildert wurde. Kein Wunder also, wenn ihren Jüngern der Mut wuchs. Die Ergebnisse der Philosophie verannen in leerem Wortstreit, sollte da nicht die Naturforschung sich selbst genügend auf eigene Hand das Rätsel des Daseins lösen. Man hatte ja durch solche Siege, wie Mayers Energiegesetz und Wöhlers organische Synthesen, einen guten Vorsprung. Unter solchen Verhältnissen war es, wo die neue, realistische Naturphilosophie aufkam, deren verschiedene Formulierungen so viele Gedanken und Federn bis in unsere Tage beschäftigte, und die unter so vielen Namen, Positivismus, Materialis-

mus, Monismus, Agnostizismus und anderen mehr, auftrat. Ihr Hauptcharakterzug war das Streben auf exakt naturwissenschaftlicher Grundlage eine Erklärung des g a n z e n Daseins aufzubauen, also auf Grund begrenzter Forschungsresultate eine Erklärung des Unbegrenzten zu geben, durch Messungen und Wägungen das Unmeßbare und Unwägbare zu erklären. Diese Naturerklärungen wären völlig berechtigt gewesen als Ausdruck persönlicher Lebensanschauung, wenn ihre Urheber nur klar eingesehen hätten den Unterschied zwischen Tatsachen und Hypothesen, zwischen Vorgängen, die wirklich beobachtet und praktisch ausgenutzt werden konnten, und theoretischen Konstruktionen über der Beobachtung unzugängliche Dinge. Diese Klarheit des Gedankens war jedoch leider recht selten. Weit gewöhnlicher war die Neigung, Naturerklärungen zu konstruieren und alsdann zu verlangen, daß sie als wissenschaftliche Forschungsergebnisse angesehen würden, eine Schwäche, die oft bei Männern vorkam, die sonst in ihrem Spezialfache scharfsinnige und gewissenhafte Beobachter waren. Im Anfang beruhte freilich der Anreiz hierzu in der Nachwirkung der romantischen Philosophie, die ja kühn die Unfehlbarkeit ihrer absoluten Naturerklärungen verkündigt hatte. Außerdem kam hier besonders hinsichtlich der mehr populärwissenschaftlichen Literatur die Konkurrenz mit den kirchlichen Kundgebungen hinzu, die auf dem absoluten Wahrheitswert der Bibel selbst in wissenschaftlichen Fragen bestanden. Und schließlich kamen in Deutschland noch politische Gesichtspunkte hinzu. Die Regierungen suchten in jeder Weise den alten Autoritätenglauben zu erhalten, der den Gehorsam gegenüber der Obrigkeit fördern sollte, und ihre Gegner schlugen sich folglich auf die Seite der Naturwissenschaft. Der Gegensatz wurde noch verschärft durch den Revolutionsversuch vom Jahre 1848 und keineswegs gemildert durch die Härte, mit der die Regierungen nach ihrem Siege ihre Autorität behaupten wollten. Diese Verhältnisse werden besonders durch den sogenannten Materialistenstreit am Anfang der fünfziger Jahre beleuchtet, eine Polemik, die die Zeitgenossen erregte und in ihren Nachwirkungen noch lange zu spüren war. Es kann daher von Wert sein, diese Erscheinung hier zu betrachten, um so mehr als die Teilnehmer ausschließlich Naturforscher waren, unter denen wir einige recht berühmte Namen finden, während die Meinungen der Philosophen und Theologen gar nicht in Betracht kommen.

Unter denen, die an diesem Streite teilnahmen, steht J u s t u s L i e b i g (1803—1873) an erster Stelle. Er war überhaupt einer der hervorragendsten Gelehrten des Jahrhunderts. Als Sohn eines Farbenhändlers in Darmstadt begann er schon im Kindesalter sich für Chemie und ihre Anwendung im praktischen Leben zu interessieren. Eine zeitlang suchte er seine Wißbegierde in einer Apotheke zu befriedigen. Da ihm dieses

aber nicht genügte, studierte er auf einigen deutschen Universitäten und schloß sich der Schellingschen Richtung an. Aber auch hier fand er nicht, was er suchte, und begab sich nach Paris, wo er endlich im Laboratorium des berühmten Gay Lussac den gewünschten Unterricht erhielt. Durch Humboldts Vermittlung wurde er zum Professor der Chemie nach Gießen berufen, wo es ihm nach jahrelangen Kämpfen gegen Neid und Mißgunst gelang, das erste chemische Universitätslaboratorium in Deutschland zu gründen. Als Lehrer glich er J. Müller in der Fähigkeit, Schüler um sich zu sammeln und auszubilden, und ihm verdankt Deutschland das Aufblühen der Chemie. Gegen Ende seines Lebens war er Professor in München. Seine rein chemischen Entdeckungen, besonders auf dem Gebiete der organischen Chemie, waren bahnbrechend. Er gab der organischen Elementaranalyse die Form, die sie seither beibehalten hat, und seine Untersuchungen über organische Säuren waren epochemachend, ebenso auch seine Entdeckungen auf dem Gebiete der Fermentchemie. Die letzteren machten ihn zum eifrigsten Verfechter der chemischen Gärungstheorie und hartnäckigen Gegener von Pasteur. Am bedeutendsten war er jedoch als Schöpfer der praktischen, landwirtschaftlichen Chemie. Bis dahin wurde allgemein geglaubt, die Pflanzen bezögen ihre Nahrung hauptsächlich aus dem Boden; er aber bewies, daß der Humus im Gegenteil durch Kultur vermehrt werde, daß die Kohlensäure die einzige Kohlenstoffquelle, das Ammoniak die Stickstoffquelle der Pflanzen sei, und führte zum Beweise hierfür Düngungsversuche in großem Maßstabe an. Durch diese stellte er die Landwirtschaftslehre auf naturwissenschaftliche Basis. In vielen Dingen ging er jedoch zu weit, zum Teil weil er die Pflanzenanatomie nicht beherrschte, und schaffte sich durch seine übermütige Polemik viele Feinde, namentlich unter den Pflanzenphysiologen. Diese wiesen ihm ihrerseits eine Anzahl Mißgriffe nach, denn er leugnete den Wert stickstoffhaltiger Düngemittel, wollte dem Boden unlösliche Phosphor- und Kalisalze anstatt löslicher zuführen und übersah ganz und gar die Atmung der Pflanzen. Von Schleiden und Mohl wurde er in diesen Punkten scharf angegriffen. In der Tierphysiologie jedoch verschaffte sich Liebig einen Namen durch seine bahnbrechenden Arbeiten über die Bereitung und Ausnutzung von Futterstoffen, indem er die chemischen Verbindungen studierte, die dem Körper durch die Nahrung zugeführt werden. Aber auch hier irrte er sich gelegentlich, wie z. B. bei seiner Einteilung der Nahrungsstoffe in „plastische“ und „respiratorische“, wobei er die Eiweißstoffe zur ersten, die Fette und Kohlenhydrate zur zweiten Kategorie rechnete.

Auf diesem Gebiete wurde Liebig von einem jungen holländischen Physiologen Jacob Moleschott (1822—1893) angegriffen. Als Sohn eines Arztes studierte er in Heidelberg Physiologie und zugleich Hegels

Philosophie, wurde dort auch Dozent, aber wegen seiner „materialistischen" Anschauungsweise verabschiedet. Hernach wurde er Professor zuerst in Turin, später in Rom. Er führte die experimentalphysiologische Forschung in Italien ein und machte wertvolle Untersuchungen besonders auf dem Gebiete der Atmung. Diese brachten ihn in Gegensatz zu Liebig, dessen Theorie von der Wirkung der Nahrungsmittel auf die Atmung er zurückwies. Gleichzeitig aber griff er auf das schärfste Liebigs ganze Weltanschauung an. Dieser hatte in einer Reihe populärer Schriften unter dem Titel „Chemische Briefe" über die Fortschritte der Chemie berichtet und als alter Schellingianer in schwärmerischen Lobreden des Weltenerschaffers Weisheit und Macht gepriesen. Gegen diese Briefe richtete Moleschott ein Buch, „Kreislauf des Lebens", in dem er scharf, wenn auch in höflicher Form, Liebig angriff und dabei eine rein materialistische Weltanschauung aufstellte. Diese gründet er auf die Lehre von der Erhaltung der Kraft und auf Wöhlers Synthesen, entwickelt aber im Gegensatz zu Comte keine eigentlichen Entwicklungsgedanken. Das Leben ist für ihn ein großartiger Stoffwechselprozeß und der Gedanke ein Produkt des Gehirnes. Als alter Hegelianer liebt er abstrakte Spekulationen, und indem er diese mit physiologischen Theorien verbindet, gerät er oft in schlimme Gedankenverwirrungen. Albert Lange führt in seiner „Geschichte des Materialismus" einige drollige Beispiele von Moleschotts unklaren Versuchen an, den Gegensatz zwischen subjektivem Sinneseindruck und objektiver Wirklichkeit zu überbrücken, und von seinen noch verwirrteren Begriffen über Materie und Kraft. Nach der Anführung einer mehr als gewöhnlich unklaren Seite aus Moleschotts Buch fragt er: „In welchem Teil des philosophischen Urwaldes befinden wir uns?" In der Tat hat Moleschott keinen Begriff von den Grenzen der Naturforschung. Entsprechend der idealistischen Philosophie, deren Anhänger er gewesen war, traut er sich zu, das ganze Dasein mit einigen zurechtkonstruierten Begriffen zu erklären. Andererseits dachte aber auch Liebig nicht daran, die Naturwissenschaft auf ihr Gebiet zu beschränken und der Religion die Befriedigung ideeller Lebensbedürfnisse zu überlassen. Auch er ist ein Opfer der Unklarheit, die die romantische Philosophie in den Gemütern hinterließ.

Ein anderer Forscher, der in eine ähnliche Polemik verwickelt wurde, war Rudolph Wagner (1805—1864). Er hatte Medizin studiert, in Würzburg promoviert und arbeitete hernach bei Cuvier, um schließlich in Göttingen Blumenbachs Nachfolger zu werden. Er war ein achtungswerter Forscher und Lehrer. Zu seinen Schülern zählen Männer, wie Leuckart und der Philosoph Lotze, und unter seinen Arbeiten verdienen besonders seine Untersuchungen über die Spermatogenese und Ovogenese und über die Tastkörperchen genannt zu werden. Er war ferner

auch Anthropologe im Sinne Blumenbachs. Auf einer Naturforscherversammlung in Göttingen im Jahre 1854 hielt er einen Vortrag über „Menschenschöpfung und Seelensubstanz", in welchem er die Frage über die Abstammung der Menschen von einem einzigen Paar nach der Schöpfungslehre der Kirche erörterte, eine Frage, von der er freilich annahm, daß die Anthropologie sie weder beweisen noch widerlegen könnte, die ihn aber zu einem heftigen Ausfall gegen die damaligen materialistischen Theorien veranlaßte, welche er vom wissenschaftlichen und sittlichen Standpunkt aus angriff. Selbst hatte er sich eine Theorie von der Seele gebildet, als einer Art ätherischer Substanz, die den Körper beim Sterben verlasse und den neugeborenen Kindern zugeteilt werde, eine Idee, die etwas an Swedenborgs Geisterlehre erinnert. Als sein Gegner trat Karl Vogt (1817—1895) auf, der 1847—1849 Professor in Gießen war, aber wegen seiner Beteiligung an der Revolution jener Jahre abgesetzt wurde. Hernach wurde er Professor in Genf und wurde besonders als Verfasser guter Lehrbücher und populärer naturwissenschaftlicher Werke bekannt. Zwischen ihm und Wagner entspann sich nun in der Frage über die Erschaffung des Menschen und über die Seele eine Polemik, die auf beiden Seiten in Schmähschriften und persönliche Beschuldigungen schlimmster Art ausartete. Vogt bestand dabei auf seiner Meinung, daß die Menschenrassen nicht gemeinsamen Ursprungs wären, und sammelte zu ihrer Stütze eine Menge Beweise für die Konstanz der Arten und Varietäten, die nicht gerade im Sinne der Abstammungslehre waren. Ferner wurde verschiedentlich über die Fruchtbarkeit der Bastarde gestritten, die Vogt behauptete und Wagner verneinte, und schließlich fand Vogt ein willkommenes Ziel für seine Witze in Wagners teilbarer Seelensubstanz und behauptete zugleich, die Seele wäre ein Produkt des Gehirnes, welches Gedanken hervorbringe wie die Leber Galle und die Nieren Harn. Überhaupt erscheint Vogt ganz unberührt von der älteren Naturphilosophie, und das befreit ihn von einer ganzen Menge Probleme, die seine philosophisch geschulten Zeitgenossen sich verpflichtet fühlten zu erörtern, verwickelt ihn aber andererseits in Widersprüche. Was jedoch in dieser ganzen Polemik am peinlichsten berührt, ist ihr ausgeprägt politischer Charakter. Wir sehen einerseits den christlich konservativen, wohlsituierten Professor, der sich seiner Freundschaft mit Staatsmännern und Ministern rühmt, und andererseits den landesflüchtigen, über den Schiffbruch seines Ideals und sein eigenes Mißgeschick erbitterten Revolutionär. Es hat fast den Anschein, als wäre die ganze wissenschaftliche Streitfrage nur ein Vorwand für zwei Individuen aus entgegengesetzten politischen Lagern, ihr Mütchen aneinander zu kühlen. Und dieses Gepräge behielt die Gegnerschaft zwischen den Materialisten und Idealisten in Deutschland noch lange bei; die Ansichten über das

Sein oder Nichtsein der Seele hingen zusammen mit der Stellung eines Regierungsmannes oder Oppositionsmannes. In den fünfziger Jahren stand es recht heikel um die Lehrfreiheit für die Vertreter der radikalen Ideen, und obschon sich diese Verhältnisse später besserten, so galt doch noch lange der christlich konservative Standpunkt als offiziell bevorzugt.

Ein radikaler Denker, dem es nie gelang, eine dauernde Lehrberechtigung zu erwerben, war Büchner, einer der am meisten gelesenen Schriftsteller im Kampf des Materialismus. Friedrich Karl Christian Ludwig Büchner (1824—1899) entstammte einer literarisch reich begabten Familie. Er studierte gleichzeitig Medizin und Philosophie, war eine zeitlang Dozent, wurde aber abgesetzt und lebte nachher von seiner medizinischen Praxis. Als edel veranlagte, für Freiheit und Gerechtigkeit schwärmende Persönlichkeit war er von Jugend auf begeistert für die materialistischen Ideen, in denen er den Weg zur Errettung der Menschheit aus Finsternis und Aberglauben sah. Sein bekanntes Buch, „Kraft und Stoff", eine der am meisten gelesenen populärwissenschaftlichen Schriften jener Zeit bildet eigentlich eine Sammlung von Plaudereien über theoretische Fragen auf dem Gebiete der Naturwissenschaft in fesselnder Form, aber ohne viel Originalität. Das alte Thema, die Unvergänglichkeit der Kraft, die Ewigkeit der Materie, die Seele als eine Sammlung von Hirnfunktionen, wird immer wieder erörtert unter beständigen Ausfällen gegen Theologen und Philosophen. Büchner hat freilich mehr Verständnis für die Grenzen der Naturwissenschaft als Vogt; er erkennt die Rätsel des Daseins an, aber zu der klaren Formulierung der Grenzen, wie sie Comte seinem Positivismus zieht, schwingt er sich ebensowenig auf wie Moleschott und Vogt. Keiner von diesen hatte auch den Blick für die Bedeutung der Entwicklung, wie wir ihn bei Comte finden. Alle aber begrüßten Darwins Erscheinen mit Begeisterung, denn seine Lehre gab ihrer Naturauffassung den Aufschwung, der ihr vorher fehlte. In der Tat war es der Abstammungsgedanke, der der realistischen Naturphilosophie erst den Zusammenhang verlieh, den die idealistische Naturauffassung in der Ideenlehre besaß. Kraft und Materie waren zu abstrakte und schwer faßliche Begriffe, um eine populäre Theorie vom Leben zu stützen, zumal den genannten Verfechtern ihrer Allmacht die Schulung des Denkens fehlte, welche nötig war, um ein so schwer verständliches Gebiet zu beherrschen. Ihr Eifer für die Naturwissenschaft und ihre Arbeit für die Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse sind in jedem Fall anzuerkennen.

Von Darwin bis zu unserer Zeit.

Kapitel XXXVIII.

Die Vorbedingungen des Darwinismus.

1. Die moderne Geologie.

In der Glanzperiode des Darwinismus wurde in gewissen Kreisen das Suchen nach „Prädarwinisten" fast für die wichtigste Aufgabe der Kulturgeschichte gehalten. Daß unter solchen Umständen eine Menge Bewerber um diese Ehre gemeldet wurden, ist nicht zu verwundern. Man begann mit den alten griechischen Naturphilosophen Anaximandros und Empedokles, und ihre Zahl vergrößerte sich, je näher man unserer Zeit kam. Dann gab es eine andere Zeit, in der der so gesammelte Personenvorrat dazu dienen konnte, Darwin herabzusetzen, wie es Kohlbrugge[1]) tat. Dämpft man jedoch seinen Enthusiasmus ein wenig und berücksichtigt die tatsächlichen Verhältnisse, so verringert sich schon die Zahl der Vorläufer Darwins ganz bedeutend. Darwin selbst erklärt, daß die geologischen Theorien von Lyell und die Bevölkerungsstudien von Malthus ihn angeregt hätten, und es scheint recht und billig, in Dingen, die die Entwicklung eines Forschers betreffen, Rücksicht auf seine eigene Aussage zu nehmen. Tut man dieses, so findet man zwei Vorbedingungen für die Entstehung der Darwinschen Theorie, eine naturwissenschaftliche oder, genauer gesagt, geologische, und eine sozialpolitische. Wir gehen zur Betrachtung der ersteren über.

Im Vergleich zur Biologie ist die Geologie unserer Zeit eine junge Wissenschaft. Einige ihrer Vorgänger sind im vorhergehenden berührt worden, wie da Vinci, Steno und Buffon. Der Begründer des geologischen Studiums als Spezialfach ist ohne Zweifel Abraham Gottlob Werner (1750—1817), Professor an der Bergakademie in Freiberg, Lehrer von Humboldt und vielen anderen Geologen und Mineralogen. Er durchforschte systematisch die Geologie seiner Heimatsgegend, bestimmte die Schichtenfolge der Gesteinsarten, untersuchte ihre Zusammen-

---

1) Kohlbrugge: War Darwin ein originales Genie? Biologisches Zentralblatt, Bd. 35, S. 93.

setzung und gründete darauf einen rationellen Bergwerksbetrieb. Seine Theorien veröffentlichte er nie im Druck, und nur durch Vermittlung seiner Schüler hat die Nachwelt von ihnen Kenntnis erhalten. Am meisten bekannt ist er als Verfechter des „Neptunismus“. Er glaubte, daß alle Gesteinsarten, sogar der Basalt, sich im Wasser abgesetzt hätten. Die Einseitigkeit seiner Schlußfolgerungen beruhte im wesentlichen darauf, daß er nie Reisen gemacht hat. Er setzte voraus, daß die geologischen Verhältnisse überall in der Welt dieselben wären, wie in seiner Heimat. Die Energie, mit der er seine Ansichten verteidigte, war jedoch imponierend, und seine Schüler, die sich in alle Länder verteilten, suchten getreu des Meisters Lehren anzuwenden, so schwer ihnen das oft auch fiel. Die ganze älteste Geologengeneration hatte übrigens denselben Fehler wie Werner, und auch Hutton, der neben Werner als Schöpfer der Geologie genannt wird, hat nie ein fremdes Land besucht.

James Hutton (1726—1797) war der Sohn eines schottischen Gutsbesitzers, studierte anfangs Medizin, widmete sich aber hernach, nachdem er ein Vermögen geerbt hatte, ganz und gar der Naturwissenschaft, besonders der Geologie. Erst im späteren Alter veröffentlichte er ein Werk, „Theory of the earth“, in dem er in wenig klarer Form seine originellen Gedanken darlegt. Er geht davon aus, daß die Geologie mit der Schöpfungsgeschichte nichts zu tun habe, denn ihre Aufgabe sei die Beschreibung der Gesteins- und Erdschichten und die Ermittlung ihrer Entstehung. Er ist der Ansicht, daß die jetzt bestehenden Gesteinsarten durch die Zerstörung älterer entstanden seien, wie sie heute noch unter dem Einfluß des Wassers vor sich geht. Dieser Grundsatz, das Vergangene aus dem Gegenwärtigen zu erklären, ist sein wertvollster Einsatz in der Entwicklung der Geologie. Seine eigenen Anwendungen dieser Lehre waren jedoch oft wenig geglückt.

Die Ermittlung des beziehungsweisen Alters der verschiedenen Gesteinsschichten und somit die Schaffung einer Geschichte der Entwicklung der Erdoberfläche wurde erst möglich, als man anfing, die in den verschiedenen Schichten angetroffenen Reste von Lebewesen zu studieren. Das hatte ja schon Buffon getan, aber Cuvier war es, der die Paläontologie in ein wirkliches System brachte. Sein Einsatz und seine tief eingreifende Bedeutung sind schon früher geschildert und hervorgehoben worden. Verhängnisvoll für die Zukunft wurde jedoch seine Katastrophentheorie, deren Bedeutung auch bereits beleuchtet wurde. Ihr Einfluß war am geringsten in England, wo die Geologie sich auf diesem Gebiete selbständig entwickelte. Hier war es auch, wo William Smith (1769 bis 1839) die Fossilienkunde als Wegweiser bei geologischen Untersuchungen einführte. Geboren war er in einer ärmlichen Familie auf dem Lande, erhielt nur die notdürftigste Schulbildung und kam darauf zu einem Land-

messer in die Lehre, der ihm gute Kenntnisse in seinem Fach beibrachte, so daß er als gesuchter Landmesser und Nivelleur ein Vermögen erwarb. Gleichzeitig aber hatte er Gelegenheit, sehr verschiedene Erdschichten und Gesteinsformationen zu studieren. Schon früh kam er auf den Gedanken, daß diese eine bestimmte Reihenfolge hätten, und daß die verschiedenen Schichten durch verschiedene Tier- und Pflanzenreste gekennzeichnet wären. Die Fossilien konnte er freilich nicht selbst bestimmen, das taten einige seiner Freunde, aber er hatte ein scharfes Auge für das Vorkommen einer jeden Form in der Schichtenfolge. Zum Schluß legte er die Erfahrungen seines Lebens in einer großen geologischen Karte über England nieder, die ihm sein ganzes Vermögen kostete. Nachher litt er eine zeitlang Mangel, erhielt aber zum Schluß eine Staatspension, die ihn im Alter sicherstellte. Durch ihn ist also die Anwendung von Leitfossilien als Mittel zur Bestimmung des Alters geologischer Formationen in die Wissenschaft eingeführt worden.

Ein Forscher, der das geologische Wissen seiner Zeit zusammenfaßte und in wesentlichem Grade entwickelte, war Christian Leopold von Buch (1774—1853). Er gehörte einer vornehmen und reichen preußischen Familie an, studierte zusammen mit Humboldt bei Werner in Freiberg, um sich hernach im Bergwesen zu betätigen, widmete sich aber bald ganz und gar der Geologie, die er dank seines ererbten Vermögens sorgenlos fördern konnte. Er machte weite Reisen und sammelte auf diesen ein hervorragend reiches Vergleichsmaterial aus verschiedenen Ländern. Seine Forschungsergebnisse führten ihn bald aus dem Neptunismus Werners in das entgegengesetzte Extrem. Er maß der vulkanischen Tätigkeit eine große, ja allzu große Bedeutung in der Geschichte der Erdoberfläche bei. Seine Untersuchungen in verschiedenen Gegenden sind jedenfalls von bleibendem Wert, und außerdem war er ein hervorragender Paläontologe, der wertvolle Einzeluntersuchungen besonders über fossile wirbellose Tiere, Cephalopoden, Brachiopoden und andere, machte.

Charles Lyell muß jedenfalls in erster Linie als Schöpfer der modernen Geologie und somit auch als Bahnbrecher der Abstammungslehre genannt werden. Er wurde im Jahre 1797 als Sohn eines schottischen Gutsbesitzers geboren, der sich für Botanik interessierte und seinem Sohne die Freude am Naturstudium beibrachte. Dieser promovierte in Oxford und wurde Advokat. In diesem Beruf brachte er es jedoch nicht weit, denn ein Augenleiden zwang ihn, auf jedes öffentliche Wirken zu verzichten. Da er schon früh, angeregt durch W. Smiths Arbeiten, für Geologie Interesse gefaßt hatte, widmete er nun sein ganzes Leben dieser Wissenschaft, die er mit einer Beharrlichkeit betrieb, welche ohne gleichen war, trotz der verminderten Sehkraft, die jedem Forscher, besonders aber

einem Naturforscher, die größten Hindernisse bereitet. Ein Glück war es, daß seine Gattin ihm in aufopfernder Selbstlosigkeit bei seinen Arbeiten beistand. So wurde er einer von den glänzenden Privatgelehrten, an denen Englands Kulturgeschichte so reich ist, und die äußeren Anerkennungen blieben auch nicht aus. Er unternahm viele und weite Forschungsreisen, die er für einen Geologen für unentbehrlich ansah, da nur sie eine lebendige Anschauung der verschiedenen Formen der Erdoberfläche vermitteln können, welche als Grundlage für eine Theorie ihrer Geschichte dienen muß. Sonst lebte er in London, wo er Mitglied vieler gelehrter Gesellschaften und auch sonst hoch angesehen war. Er starb im Jahre 1875, nachdem er einige Jahre vorher völlig erblindet war und auch seine Frau, die treue Gehilfin im Leben und bei der Arbeit, verloren hatte.

Ebenso wie Hutton geht auch Lyell von der gegenwärtigen Gestaltung der Erdoberfläche aus, untersucht ihre Veränderungen durch verschiedene Natureinflüsse und zieht daraus den Schluß, daß dieselben Kräfte stets und ungefähr in derselben Weise auf der Erdoberfläche wirksam gewesen seien. Wer etwas anderes behaupte, sei dafür den Beweis schuldig, nämlich die Anhänger der Katastrophentheorie wären verpflichtet, die Richtigkeit ihrer Ansichten darzutun und nicht die anderen. Diese Auffassung der Erdentwicklung, die man die aktualistische nennt, führt Lyell bis ins äußerste durch und viel weiter als ihm die heutige Wissenschaft darin folgen mag. Er leugnet also in seinen „Principles of geology" ganz und gar die Möglichkeit, daß sich die Erde ursprünglich in einem glühenden Zustande befunden haben könnte, und verwirft mit Bestimmtheit Lamarcks Theorie, daß die Tierwelt älterer Zeiten aus ganz andern Arten bestanden habe als jetzt, indem er behauptet, Säugetiere und Vögel hätten schon seit den ältesten Zeiten existiert. Aber abgesehen von solchen Übertreibungen, die er übrigens später zum Teil zurecht gestellt hat. ist sein bestimmtes Festhalten am Grundsatz, daß die Vorgänge in vergangenen Zeiten mit Hilfe unserer Kenntnis der jetzigen zu erklären wären, die Grundlage geworden, auf der eine wirklich wissenschaftliche Geologie entstehen konnte. Die älteren geologischen Theorien, sowohl die geistreichen als auch die törichten, waren alle nur Gedankenerzeugnisse, und erst Lyell führte den in jeder empirischen Wissenschaft unentbehrlichen Grundsatz ein, daß man vom Bekannten und Untersuchten ausgehend auf das in der Ferne Liegende und Unbekannte hinarbeiten müsse. Wenn überhaupt Naturereignisse vergangener Zeiten berechnet oder mit einiger Wahrscheinlichkeit rekonstruiert werden können, so muß man vom Gegenwärtigen ausgehen, wo der Verlauf der Ereignisse übersehen werden kann, wie ja auch die Astronomie seit lange schon bei ihren Berechnungen der Orte und Bewegungen von Himmelskörpern in längst vergangenen Zeiten verfährt und die Geologie in unseren Tagen

in gewissen Fällen, z. B. beim Bestimmen der jährlichen Ablagerungen aus dem Wasser in früheren Perioden, eine Genauigkeit erreicht hat, die den astronomischen Berechnungen wenig nachsteht. Und das ist doch im Grunde genommen Lyells Verdienst.

Auch hinsichtlich der Entwicklung des Lebens auf der Erde hat Lyell in seinem oben genannten Werke bedeutende Beiträge geliefert. Seine Kritik von Lamarcks Theorie trifft unleugbar dessen schwächsten Punkt, indem er hervorhebt, daß dieser nicht einmal den Versuch gemacht habe, ein einziges lebenswichtiges Organ in bezug auf seine Entstehung zu untersuchen, sondern sich nur mit Veränderungen in schon vorhandenen Organen befasse. Daß er meint, keinen wirklichen Beweis für den Übergang einer Art in eine andere erhalten zu haben, kann man ihm durchaus nicht verdenken, da ja ein solcher auch in unseren Tagen kaum existiert. Er glaubt ferner nicht an die Möglichkeit der Arten, über ein bestimmt begrenztes Maß hinaus variieren zu können, dessen Grenze bald erreicht ist. Versuche man eine Form über diese Grenze hinaus zu züchten, so gehe sie unter, meint er und führt als Beispiel das Anpassungsvermögen von Arten an verschiedene Klimate an. Die Haustiere des Menschen seien von Anfang an besonders geeignet gewesen, gezähmt zu werden, während andere ebenso intelligente oder intelligentere Tiere in der Freiheit gelassen werden müßten, z. B. die Affen. Den besten Beweis für die Unwandelbarkeit der Arten sieht Lyell jedoch in der Unfruchtbarkeit und dem seltenen Vorkommen von Bastarden. Die Ähnlichkeit zwischen Embryonen verschiedener Formen beweise ihren gemeinsamen Bauplan, aber nicht ihren gemeinsamen Ursprung. Er ist der Ansicht, daß eine jede Art an einem für sie geeigneten Orte geschaffen wäre und sich von dort aus unter ständigem Einfluß des Klimas, der Existenzmittel und des Wettbewerbes anderer Lebensformen verbreitet habe. Als Beweis gegen Lamarcks Theorie von der Umwandlung der Arten führt er an, daß eine Klimaänderung oder eine andere Veränderung der Lebensbedingungen bewirken würde, daß gewisse Arten über andere die Überhand gewännen, so daß die von Lamarck vorausgesetzte Anpassung bei den letzteren nie zustande kommen könnte. Würde z. B. ein See in einen Sumpf verwandelt, so fänden sich schon Sumpfgewächse vor, bereit sein Gebiet einzunehmen, und die Seegewächse müßten aussterben, bevor sie Zeit hätten, sich an den Sumpf anzupassen. Wie die Arten geschaffen worden sind, ist eine Frage, die Lyell nicht erörtern will. Er redet von einer „schaffenden Kraft“, schreibt sie aber keiner Persönlichkeit zu, sondern sieht die Frage für unlöslich an. Anstatt dessen erörtert er im einzelnen die Bedingungen für Verbreitung, Zunahme und Aussterben der Arten während verschiedener geologischer Epochen. Diese ganze Darstellung hat in hohem Grade auf Darwin eingewirkt, teils

positiv, teils aber auch in negativem Sinne, indem sie seinen Widerspruch hervorrief, worüber im folgenden die Rede sein wird.

In erster Linie aber enthielt Lyells Theorie von der geologischen Entwicklung eine zu ihrer Zeit besonders schwerwiegende Unterstützung des Entwicklunsgedankens, der die Losung jener Zeit war. Hier fand man ja in der Natur selbst eine Bestätigung der Idee einer ununterbrochenen Entwicklung als der treibenden Kraft im Dasein. Darum wurde Lyells Name einer der populärsten unter seinen Zeitgenossen, und er selbst trug noch mehr zu seinem Ruhme bei durch seine Fähigkeit, mit der Entwicklung der Wissenschaft Schritt zu halten. Er, der Gegner Lamarcks, schloß sich bald ohne Bedenken Darwin an. Sein Wirken als Förderer der Darwinismus wird im folgenden berührt werden.

2. Ideelle Vorbedingungen des Darwinismus.

Man hat nicht selten die Frage erörtert, warum Lamarcks Abstammungslehre keinen durchschlagenden Erfolg hatte. Man schob die Schuld auf den Widerstand der Kirche, aber sicher ohne Grund, denn Lamarck wurde, so viel man weiß, nicht von kirchlicher Seite behelligt, und der Widerstand der Kirche gegen die Abstammungslehre und die Theorie von der Veränderlichkeit der Arten war, wie wir sehen werden, weit jüngeren Datums. Viel eher kann man an die Naturphilosophie denken, der bei ihrem Suchen nach einer gemeinsamen Idee für jede Lebensform jedes Verständnis für materielle Entwicklung fehlte. Denn hier liegt in der Tat der Kernpunkt der Frage. Sollte eine Entwicklungstheorie allgemeine Beachtung finden, so mußte natürlich Interesse für Entwicklung vorhanden sein. Es wird daher unsere nächste Aufgabe sein, zu ermitteln, wie dieses Interesse entstand und wie es sich zur Zeit, wo Darwin auftrat, äußerte.

Es ist eine altbekannte Tatsache, daß die Menschen gern ihre Ideale in „die gute, alte Zeit“ verlegen. Über die Gegenwart wird meist geklagt, und in die Zukunft blickt man mit Furcht. Und wie der einzelne denkt, so tat es auch die allgemeine Meinung verschiedener Zeitabschnitte. Wollte man reformieren, so geschah es in der Form der Wiederbelebung von Idealzuständen längstvergangener Zeiten, wie z. B. während der Reformation, als man zum Urchristentum zurückkehren wollte, oder während der französischen Revolution, als man für die antiken Republiken schwärmte und phantastische Volksführer sich Anacharsis oder Gracchus nannten. Richtete man seine Blicke in die Zukunft, so erwartete man sein Glück am ehesten von einer großen Katastrophe mit gänzlicher Vernichtung des Gegenwärtigen, wie alle apokalyptischen Schwärmer im Altertum und später noch, und die politisch Extremen unserer Zeit. Der Glaube

an eine stetig fortschreitende, gesetzmäßige Entwicklung fand sich stets bei einer geringen Minderheit, zu der vielleicht eher Männer der Tat als solche des Gedankens und Wortes zählten. Der ausgeprägteste Fortschrittsglaube, der existiert hat, war der Liberalismus des 19. Jahrhunderts, eine Ideenströmung, die ihren Höhepunkt in der Mitte des Jahrhunderts erreichte, als die Abstammungslehre auftrat. Dieses ist natürlich nicht zufällig. Die eine Idee hängt im Gegenteil von der anderen ab, und aus diesem Grunde kann der Sieg des Darwinismus ohne einen Einblick in die allgemeine Zeitlage während seiner Entstehung nicht verstanden werden.

Der optimistische Glaube des Liberalismus an einen Fortschritt des Menschengeschlechtes hatte seinen eigentlichen Ursprung in England, wo während des ganzen 18. Jahrhunderts Wohlstand und Aufklärung langsam und sicher zunahmen, wo humane Gesetzgebung und demokratische Entwicklung der Gesellschaft zeitig angestrebt und allmählich ohne gewaltsame Erschütterungen erlangt wurden. Er stand stark unter dem Einfluß von Rousseaus Lehre von der natürlichen Güte der Menschen, die nur durch das Staatsleben, die Bedrückung seitens böser Könige und Priester, verdorben würde, und fand seinen Ausdruck in den demokratischen Reformen der französischen Revolution, aber sein eigentliches Gepräge erst in der Zeit des großen technischen und materiellen Fortschritts im 19. Jahrhundert, auf den wir schon hingewiesen haben. Die neue, durch die Dampfkraft möglich gewordene Großindustrie und der Welthandel schufen eine intelligente Mittelklasse, welche, zufrieden mit der Gegenwart, noch größere Vorteile von der Zukunft erwartete, während die Arbeiterklasse noch nicht organisiert und ihre Unzufriedenheit bloß in einzelnen Fällen zu merken war. Die kolossale Produktion materieller Werte gab der Zeit ihr Gepräge und begegnete sich mit dem von Rousseau übernommenen Glauben an die natürliche Güte des Menschengeschlechts und Benthams Lehre, daß das Ziel des Lebens darin bestehe, so vielen als möglich das Glück zu schaffen, das man dem materiellen Wohlergehen gleichsetzte und am besten dadurch zu gewinnen glaubte, wenn man die von Natur guten und klugen Menschen sich selbst, von Bedrückung und Reglementierung ungestört, regieren ließ. Man kam also so weit, daß man im menschlichen Leben eine Machtentfaltung unpersönlicher Kräfte sah, welche die Menschheit mit der Notwendigkeit eines Naturgesetzes besseren Zeiten entgegenführte, wenn man sie frei walten ließ. Das Volk, die unpersönliche Summe der in einem Lande wohnenden Menschen, wußte alles besser als irgendein einzelner, und bei genügend freier Selbstregierung sollte sein Wirken zu einer erfolgreichen Entwicklung führen, in der man keine Grenzen sah. Freier Wettbewerb auf materiellem und geistigem Gebiete und keine Einmischung in die Handlungsfreiheit des

einzelnen war die Losung der Zeit. Wie hernach der freie Wille der Individuen mit dem Volkswillen übereinkommen sollte, war ein Frage, für die man sich wenig interessierte. Einstweilen sahen ja die einzelnen zum Volkswillen wie zu einer höheren Macht auf, die bloß den einen Fehler hatte, daß sie noch nicht lange genug hatte wirken können.

Diese Lebensauffassung, welche selbstredend in recht verschiedener Individualisierung zu finden war, wenn man an Historiker wie Buckle oder Denker wie Mill und Spencer und ihre Schüler und Nachahmer auf dem Kontinent denkt, war zweifellos der denkbar günstigste Boden für eine allgemeine Entwicklungstheorie. Entwicklung, und zwar fortschreitende, war die Losung der Zeit. Comte hatte sie in seinem oben geschilderten System verwendet, jedoch nur mit Hinsicht auf die menschliche Kultur. Durch Darwin wurde die Entwicklung zu einem alles beherrschenden Naturgesetz erhoben. Kein Wunder, daß seine Lehre mit Begeisterung von allen denen begrüßt wurde, die dem Ideal der neuen Zeit huldigten, denn es war ja das Ideal selbst, das dabei für die ganze Natur als Richtschnur hingestellt wurde. Andererseits erklärt sich hieraus auch der gewaltige Widerspruch bei allen Anhängern der alten Gesellschaftsordnung, die noch nicht überwunden war und gegen das Ende des Jahrhunderts immer mehr an Kraft gewann. Darwin selbst jedoch stand unter dem Einfluß der neuen Ideen, und es war einer ihrer Theoretiker, Malthus, von dem er die Anregung zu seiner Lehre von der natürlichen Zuchtwahl empfing und dem deshalb auch ein Platz in der Geschichte der Biologie gebührt.

Thomas Robert Malthus (1766—1834) war der Sohn eines Gutsbesitzers, promovierte in Cambridge, wurde Geistlicher und erhielt eine Pfarre. Nebenbei trieb er aber nationalökonomische Studien und wurde wegen seiner Schriften zum Professor in London ernannt, wo er seitdem mit großem Erfolge wirkte. Sein Vater war selbst ein Schüler von Rousseau gewesen und hegte recht radikale Ansichten über die Verbesserung des Menschengeschlechtes durch gerechte Verteilung des Vermögens, eine Idee, die damals, wie auch später, viele Anhänger hatte. Gegen sie trat der jüngere Malthus in seinem hervorragendsten Werk „Principle of Population" auf, das eine Menge Auflagen erlebte und ungeheuer umstritten wurde. Obgleich selbst liberal, war er jedoch keineswegs ein revolutionärer Optimist und sah die Ursache des menschlichen Elends nicht in einer ungerechten Güterverteilung, sondern in des Menschen eigener Gewohnheit, gedankenlos und leichtsinnig zu leben. Als Mittel dagegen empfiehlt er Erziehung zur Selbstbeherrschung, die jeden Mann lehren sollte, ohne genügend gesicherte Lebensstellung keine Familie zu gründen. Es sei nämlich Tatsache in der ganzen Natur, meint er, daß bei Pflanzen, Tieren und Menschen die Vermehrung größer sei, als die Möglichkeit

der Lebensfristung. Daher komme es in der Natur zu einem gewaltigen Wettbewerb um die Lebensmöglichkeiten und im Menschenleben zu der unabwendbar zunehmenden Verelendung der mittellosen Klassen, vor der keine Fürsorgemaßregeln schützen könnten. Durch historische und geographisch-statistische Untersuchungen sucht er darauf klarzulegen, daß die Volksvermehrung nie einen natürlichen Verlauf gehabt habe oder haben könne, sondern eingeschränkt werde durch die begrenzte Möglichkeit des Lebensunterhalts und die dadurch hervorgerufenen Laster und Verbrechen, welche die ärmsten Schichten dezimieren. Bei ihrem ersten Erscheinen wurde diese Lehre sowohl von konservativer als auch von radikaler Seite unsinnig bekämpft; doch gehört die nähere Erörterung dieses Gegenstandes nicht in unser Gebiet, und es genügt die Hervorhebung der oben erwähnten Konkurrenztheorie, welche die direkte Veranlassung zu Darwins Selektionstheorie war. Zu dieser wenden wir uns nun.

Kapitel XXXIX.

Darwin.

Charles Robert Darwin wurde im Jahre 1809 im westlichen England geboren. Sein Vater, Robert Waring Darwin, war der Sohn des im vorhergehenden genannten Arztes und Naturphilosophen Erasmus Darwin und selbst Arzt. Er war verheiratet mit Susanna Wedgwood, der Tochter des berühmten Porzellanfabrikanten Josiah Wedgwood, der es vom armen und unwissenden Töpferlehrling zu einem glänzenden Vermögen und berühmten Namen in der Geschichte der Keramik gebracht hatte. Charles war das siebente von acht Geschwistern. Er besuchte eine gelehrte Schule von der in England gewöhnlichen Art, in der fast nur in den klassischen Sprachen unterrichtet wurde, und kam dann nach Edinburgh, um wie seine Vorfahren Medizin zu studieren. Das Latein in der Schule hatte ihm wenig Freude bereitet und im Anatomiesaal hielt er es erst recht nicht aus. Das medizinische Studium wurde deshalb abgebrochen, und Darwin wurde zu seinem eigenen Nachteil nie Anatom. Er sollte es nun mit der Theologie in Cambridge versuchen, studierte drei Jahre, indem er sich mehr mit dem gewöhnlichen Zeitvertreib wohlhabender englischer Studenten, dem Sport, namentlich der Jagd, beschäftigte, und erhielt den niedrigsten wissenschaftlichen Grad in der Philosophie. Nebenbei sammelte er auch zu seinem Vergnügen Insekten und Pflanzen, interessierte sich aber am meisten für Geologie, in der er unter der Leitung des hervorragenden Professors Adam Sedgwick (1785—1873), den er auf einigen Exkursionen begleitete, gute Kenntnisse erwarb. Durch die Empfehlung eines Freundes

wurde ihm im Jahre 1831 eine unbesoldete Anstellung als Naturforscher auf dem Kreuzer Beagle angeboten, der hauptsächlich zu kartographischen Zwecken eine Weltumseglung machen sollte. Diese Reise, die fünf Jahre dauerte, wurde, wie er selbst sagt, seine eigentliche Schule als Naturforscher und bestimmend für die Richtung seines späteren Wirkens. Er arbeitete fleißig und sandte von verschiedenen Anlaufstellen des Schiffes Berichte und Sammlungen in die Heimat. Von diesen hatten die geologischen jedenfalls den größten Wert, während die zoologischen und botanischen von zeitgenössischen Beurteilern für recht mittelmäßig erklärt wurden. Diese emsige Arbeit war um so mehr zu bewundern, als Darwin auf der ganzen Reise von unüberwindlicher Seekrankheit geplagt wurde, die mit der Zeit seine Gesundheit unheilbar schädigte. Zu Hause wieder angelangt widmete er sich jahrelang der Bearbeitung der Naturobjekte und des Ideenmaterials, das er auf der Reise gesammelt hatte. Dabei reifte in seinen Gedanken langsam die Theorie, die seinen Namen trägt. Im Jahre 1838 heiratete der seine Kusine Hannah Wedgwood. Ihr Vermögen zusammen mit dem seinen setzte ihn instand, von nun an das stille Leben eines Privatgelehrten zu führen, dessen er auch bedurfte, da seine Kränklichkeit zunahm. Drei Jahre nach seiner Verheiratung verließ er London und siedelte in eine kleine Stadt im südlichen England über, wo er im eigenen bequemen Hause mit einem Garten den Rest seines Lebens verbrachte. Seine Gesundheit besserte sich jedoch auch hier nicht. Er wurde durch ein nervöses Magenleiden geplagt, das ihm Schlaflosigkeit und häufiges Erbrechen verursachte, und nur durch ein peinlich regelmäßiges Leben unter der aufopfernden Pflege seiner Gattin konnte er dieses Dasein ertragen. Seine Tage verliefen unter kurzen, aber emsig ausgenutzten Arbeitsstunden, Spaziergängen, Zerstreuungslektüre und — häufigem Kranksein. Reisen und gesellschaftliche Verpflichtungen wurden auf das allerunentbehrlichste beschränkt. Unter solchen Umständen kamen die Werke zustande, die seinen Namen unsterblich machten. Sein qualvoller körperlicher Zustand wurde während seines ganzen Lebens ausgeglichen durch ein selten schönes seelisches Gleichgewicht, eine vollkommene Leidenschaftslosigkeit, für die Haß, Neid und Ehrgeiz unbekannt waren, gepaart mit einer fast zu nachgiebigen Liebenswürdigkeit, die es ihm schwer machte, auch noch so ungereimte Bitten abzuschlagen, aber andererseits bewirkte, daß er mit kindlicher Freude das eng begrenzte Leben genoß, zu dem ihn seine Krankheit zwang. Eine kritische Natur war er nicht, und gegen Angaben anderer verhielt er sich, wie Johannsen sagt, mit einer „liebenswürdigen Leichtgläubigkeit". Auch seine eigenen Experimente waren oft bewußt kindlich. Seine Feinfühligkeit war jedoch nicht mit Charakterschwäche verbunden. Es haben im Gegenteil wenige Naturforscher mit so unbeug-

samer Entschlossenheit jahrelang auf ein bestimmtes Ziel hingearbeitet und mit felsenfester Überzeugung auf dem einmal eingenommenen Standpunkt beharrt. Seine Ansichten wurden bekanntlich bald grenzenlos gepriesen, bald gewaltig geschmäht, aber den Angriffen begegnete er mit unerbittlicher Standhaftigkeit und einer vornehmen Ruhe, die sich nie auf persönliche Polemik einließ, aber stets sachliche Einwände beachtete und widerlegte. Durch diese Eigenschaften erwarb sich Darwin mit den Jahren eine persönliche Hochachtung, wie sie nicht vielen Forschern zuteil geworden ist. Unter steter Arbeit glitt sein Leben still dahin. Er starb im Jahre 1882 und wurde in der Westminster Abtei in der Nähe von Newton begraben, und seinem Sarge folgten die ersten Männer seines Landes, die Spitzen der Gesellschaft und der Wissenschaft. Kurz vor seinem Tode hatte er in einigen Aufzeichnungen die oft angeführten Worte niedergeschrieben: „Was mich betrifft, so glaube ich, daß ich recht getan, indem ich mein Leben der Wissenschaft weihte. Ich fühle keine Gewissensqual über eine große Sünde, habe aber oft beklagt, daß ich nicht mehr Gutes meinen Mitgeschöpfen habe tun können."

Darwin war in seiner Jugend ein Freund des Freiluftsportes, ein guter Schütze, eifriger Jäger und scharfer Beobachter des Lebens in der Natur. Diese Liebe zur lebenden, freien Natur hat ihn während seines ganzen Lebens nicht verlassen, und als seine Krankheit ihn schon längst gezwungen hatte, Jagd- und Forschungsfahrten aufzugeben, pflegte er mit unermüdlicher Liebe das Leben in seinem Park und Garten. Hunde, Katzen, Singvögel und Regenwürmer waren ihm neben Pflanzen verschiedenster Art eine nie versiegende Quelle der Freude und Beobachtung. Alle ihre Lebensäußerungen waren bis in die kleinsten Einzelheiten Gegenstand seines sorgfältigen Studiums. Die Handlungen, Instinkte und Äußerungen von Intelligenz bei Tieren wurden von ihm Tag für Tag mit stets gleichem Interesse beobachtet, analysiert und zusammengestellt. Seine theoretische Ausbildung war dagegen einseitig und unvollständig, am gründlichsten noch in der Geologie, in der Biologie aber hauptsächlich auf das systematische Gebiet beschränkt. Seine Beobachtungen während der Weltumseglung tragen auch den Stempel einer mangelhaften Grundlage. In seiner Jugend war er ein gläubiger Christ und sollte sogar Geistlicher werden. Er glaubte damals, ohne Kritik zu üben, an die überlieferten Dogmen und darunter auch an die Entstehung der Arten durch einen göttlichen Schöpfungsakt. Dieser Glaube kam jedoch schon während der Reise mit den Ergebnissen seiner Beobachtungen in Konflikt. Darüber finden sich in seinem Tagebuch viele Hinweise. Besonders das Vorkommen so vieler Arten mit geringem Verbreitungsgebiet und nahe miteinander verwandter Formen, die, doch ungleich, einander an verschiedenen Lokalitäten vertreten, aber nicht

zusammen vorkommen, schien ihm nicht recht in „den großen Plan der Natur“ hineinzupassen. Warum mußten alle diese wenig voneinander verschiedenen und auf ein kleines Gebiet beschränkten Arten geschaffen werden? Einen Monat hielt er sich auf den abgelegenen Galapagoinseln auf, die weit von der Küste Südamerikas in verhältnismäßig neuer Zeit aus vulkanischer Lava entstanden waren, und fühlte sich hier „in die Nähe des Schöpfungsaktes selbst versetzt“. Was er hier vorfand war eine Fauna von ausgeprägt südamerikanischen Gattungen, jedoch mit eigentümlichen Arten. Von vielen Vögeln hatte jede besondere Insel ihre eigene Art, und es erschien ihm doch sinnlos anzunehmen, daß für jede kleine Insel eine besondere Art geschaffen wäre. Aber wie hatten diese Arten entstehen können, und warum gehörten sie südamerikanischen Gattungen an? Als sich diese Frage ihm einmal aufgedrängt hatte, ließ sie ihm auch keine Ruhe mehr. Heimgekommen begann er in einem besonderen Heft seine Erfahrungen bezüglich dieser Frage von der Entstehung der Arten aufzuzeichnen und suchte lange und mit Unruhe nach Beweisen für die Richtigkeit seiner Ideen. Im Jahre 1844 schreibt er an seinen Freund, den Botaniker Hooker: „Ich habe eine Menge Bücher über Landwirtschaft und Gartenbau gelesen und niemals aufgehört, Tatsachen zu sammeln. Schließlich kam mir der Erleuchtungsschimmer, und ich bin nun (entgegen der Ansicht, von der ich ausging) überzeugt, daß die Arten (es klingt wie das Bekenntnis eines Mordes) nicht unveränderlich sind.“ Lamarcks Theorie von der Veränderung der Arten konnte Darwin doch nicht gutheißen, sie schien ihm „rubbish“. „Der Himmel bewahre mich“, schreibt er, „vor Lamarcks Unsinn mit der Entwicklungstendenz.“ Auch in der übrigen ihm zugänglichen biologischen Literatur fand er keinen Ausweg aus der Schwierigkeit, die Entstehung der Arten zu erklären. In dieser Zeit schloß er sich nahe an Lyell an, an den Forscher, der den stärksten Einfluß auf ihn gehabt hat und auch kein Verehrer von Lamarck war, und beschloß so die Arten zu behandeln wie Lyell die Erdschichten, d. h. so viel Tatsachen als möglich bezüglich des Überganges einer Form in eine andere zu sammeln. In dieser Hinsicht schienen ihm die Haustiere die besten Ergebnisse zu versprechen. Kein Systematiker hatte in Abrede gestellt, daß jedes Haustier für sich eine richtige Art sei, und dennoch war es gleichwohl bekannt, daß der Mensch eine Menge verschiedener Formen aus einer jeden solchen Art gezüchtet hat. Darwin trat mit einer Menge von Tierzüchtern in Beziehung und züchtete selbst jahrelang verschiedene Taubenrassen in der Absicht, zu ermitteln, wie die verschiedenen Rassen entständen. Die Praktiker meinten, daß man durch eine geeignete Wahl der Elterntiere allmählich die Nachkommen nach Wunsch verändern könne. Diese Ansicht teilt auch Darwin. Er fand, daß alle Jungen eines Wurfes bei

Haustieren etwas verschieden voneinander wären und von den Eltern, daß sie, wie er sagte, variierten. Durch Auswahl geeigneter Variationen könnte man in der gewünschten Richtung weiter züchten. Aber wenn schon der Mensch durch Auswahl aus dem einheitlichen Hundetypus, der sich noch bei wilden Völkern findet, eine solche Menge verschiedener Formen hervorbringen kann, wie sollten sich da nicht die Arten in der Natur auf dieselbe Weise verändern können. Der Unterschied zwischen einem Windhund und Mops sei ja viel größer, als zwischen verschiedenen wilden Lebensformen, welche ohne Bedenken als gute Arten galten. Ist aber in der Natur eine Kraft vorhanden, die in derselben Richtung wirkt wie der Züchter, wenn er neue Haustierformen züchtet? Hier lag das schwerste Hindernis. Zufällig las Darwin Malthus' oben angeführtes Werk über die Bevölkerung und sah, wie sowohl in der Natur als auch im menschlichen Leben viel mehr Individuen gezeugt werden, als Mittel zu ihrer Versorgung vorhanden sind, und wie die schwächsten im Kampf um die Nahrung zugrunde gehen. Hier kam ihm der erlösende Gedanke. Also im Kampf ums Dasein gehen die Lebensformen unter, welche sich am wenigsten den herrschenden Verhältnissen anpassen können, während die kräftigsten Individuen siegen und ihre lebensfähigen Eigenschaften fortpflanzen können. Demnach bewirken die äußeren Verhältnisse selbst eine Vervielfältigung der Verschiedenheiten, die durch die Variabilität der Nachkommen im Verhältis zu den Eltern bedingt sind, bis zur Entstehung neuer Varietäten und neuer Arten. Der Kampf ums Dasein bewirkt also eine natürliche Auswahl, die ähnlich wirkt, wie die vom Menschen an Haustieren geübte Zuchtwahl, bloß mit dem Unterschiede, daß der natürlichen Zuchtwahl enorme Zeiträume zur Verfügung stehen, was zur Annahme berechtigt, daß alle die mannigfaltigen Lebensformen auf der Erde, sowohl die ausgestorbenen als auch die jetzt lebenden, durch ihre Wirkung entstanden seien. Diese Tatsachen, die Ungleichheit der Nachkommen gegenüber den Eltern oder die Variabilität und der Kampf ums Dasein mit der durch ihn bedingten natürlichen Zuchtwahl, erklären also nach Darwin die Entstehung der Arten.

Zwei Jahrzehnte behielt Darwin diese Theorie für sich und suchte unaufhörlich nach neuen Beweisen für ihre Gültigkeit, bis er sie schließlich im Jahre 1859 in seinem Werk „On the origin of species by means of natural selection" veröffentlichte, einer von den berühmtesten naturhistorischen Arbeiten, die je erschienen sind. Bis dahin hatte er sich jedoch schon durch einige Einzelarbeiten auf verschiedenen Gebieten einen guten Ruf erworben. Unter diesen Schriften mögen die geologischen „On volcanic islands" und „On coral reefs" erwähnt sein, von denen besonders die letztgenannte wegen der in ihr enthaltenen, allgemein bekannten Theorie von der Entstehung der Atolle durch Senkung eines

Teiles des Meeresbodens, dessen Erhebungen von ringförmigen Korallenriffen umgeben waren. Unter den zoologischen Arbeiten ist besonders hervorragend ein umfangreiches Werk über die Cirripedien, in welchem er eine gründliche und erschöpfende Darstellung des Systems und der Entwicklungsgeschichte dieser Tierformen gibt, deren eigentümliche Zwergmännchen von ihm entdeckt wurden, und deren fossile Formen er gleichfalls behandelt. Außerdem hat er sich ein großes Verdienst durch die Redaktion der Ergebnisse der Beagle-Expedition, auf der er seine Weltreise machte, erworben. Er war also schon ein Forscher von gutem Ruf, als sein Werk über die Entstehung der Arten erschien. Der gewaltige Meinungszwiespalt, den es hervorrief, machte den Verfasser mit einem Schlage weltberühmt. Eine eingehendere Darstellung der Grundgedanken dieses Werkes ist daher geboten, um so mehr als es trotz seiner großen Popularität in der letzten Zeit weniger gelesen wird, als man annehmen sollte, und die in der gewöhnlichen Handbuchliteratur gebräuchliche Darstellung der Abstammungslehre stark unter dem Einfluß der für Darwin selbst ganz fremden vergleichenden Morphologie steht.

Die Abstammungslehre, wie sie Darwin schuf, trägt deutlich das Gepräge ihres Urhebers. Darwin begann seine große Arbeit, wie gesagt, mit einer namentlich auf anatomischem Gebiete mangelhaften theoretischen Vorbildung, mit einem ausgesprochenen Interesse für Geographie und Systematik und mit dem freilich schon abgelegten christlich-orthodoxen und recht naiven Glauben an die Schöpfung. Als Systematiker, der er eigentlich war, sah er in dem Artproblem die zentrale Frage der Biologie. Dieses darf man nicht vergessen, wenn man Darwins Verhältnis zu der älteren, morphologisch orientierten Forschergeneration aus Cuviers Schule verstehen will. Der Artbegriff war für diese, gleichviel welche Anschauung vom Leben sie sonst hatten, im wesentlichen nur eine praktisch brauchbare Unterlage für die vergleichende Morphologie, während die Schöpfungsfrage ein Problem war, das als nicht in die Naturwissenschaft gehörig beiseite geschoben wurde. Man kann also nicht umhin zu gestehen, daß Darwins dilettantische Naturauffassung die Ursache war, daß er das Schöpfungsproblem selbst zum Ausgangspunkt einer jahrzehntelangen Forscher- und Denkerarbeit machte. Andererseits war es gerade die Behandlung dieses Problemes, durch die sein Werk ein solches Aufsehen erregte.

Linné definierte in seiner Jugend die Arten als Nachkommen der Tiere, welche am Anfang geschaffen waren. Später änderte er seine Meinung dahin, daß er annahm, es wäre nur eine geringe Anzahl Arten geschaffen worden, aus denen sich die übrigen in der Folge entwickelt hätten. Für die Systematiker der nächstfolgenden Zeit war die Unveränderlichkeit der Arten die Hauptgrundlage des Systems, während

die Schöpfungsfrage selten erörtert wurde. De Candolles oben angeführte Definition der Art gründete sich auf die gegenseitige Gleichheit und Fruchtbarkeit der Individuen, ohne daß die Schöpfung berührt wurde. Für Darwin dagegen wurden Unveränderlichkeit und Erschaffung der Arten untrennbare Begriffe, indem der Zweifel an der Unveränderlichkeit der Arten durch den Zweifel an ihrer Erschaffung hervorgerufen wurde und dieser wieder durch die Verbreitungsverhältnisse der Arten und nicht durch irgendwelche Bedenken hinsichtlich der Annahme eines übernatürlichen Schöpfungsaktes an sich[1]). So kam Darwin auf seine Idee von den Variationen, die sich infolge der natürlichen Zuchtwahl den herrschenden äußeren Verhältnissen anpassen, wodurch zunächst neue Varietäten und schließlich neue Arten entstehen. Daß Varietäten durch äußere Lebensverhältnisse entstehen, hatten schon ältere Systematiker angenommen, und neu in Darwins Theorie ist nur der Punkt, daß die Arten nichts anderes als weiter entwickelte Varietäten wären, die durch Zuchtwahl im Kampf ums Dasein fixiert würden, während die weniger angepaßten Mittelformen im Wettbewerb untergingen. Er stellt eine Menge von Beweisen auf, daß Arten, die am weitesten verbreitet und dort, wo sie vorkommen, an Individuen am reichsten sind, auch die meisten Varietäten besitzen, was seiner Meinung nach der Beginn der Artenbildung ist. Er weist ferner darauf hin, wie unklar die Grenzen zwischen Art und Varietät bei verschiedenen Systematikern eigentlich seien, und wie schwer es sei, den Begriff einer Art zu definieren. Er meint, daß man mit dieser Bezeichnung aus Gründen der Bequemlichkeit eine Anzahl von Individuen zusammenfasse, die einander in hohem Grade gleichen, daß aber dieser Begriff vom Begriff Varietät, mit dem man weniger distinkte und mehr fluktierende Formen meine, nicht wesentlich verschieden sei.

Die Ursachen dieser Variationen, welche durch natürliche Zuchtwahl im Freien oder durch künstliche Zuchtwahl bei Haustieren zu Varietäten und Arten werden, sind eine Frage, die Darwin viel beschäftigte. Daß dabei nur erbliche Variationen von Bedeutung seien, deren Ursachen man jedoch nicht kenne, hebt er dabei sogleich hervor. Er nimmt in dieser Frage jedoch eine recht schwankende Stellung ein. Freilich sammelt er ein weitläufiges Beweismaterial dafür, daß äußere Lebensverhältnisse bei den Nachkommen Variationen hervorrufen, und nähert sich somit in dieser Hinsicht recht stark Lamarck, dessen Ansichten er andererseits bestimmt zurückweist. In der Tat ist aber diese Theorie

---

1) In seinem Reisetagebuche spricht Darwin die Vermutung aus, das Fehlen gewisser Fossilien in einer bestimmten Schicht ließe sich dadurch erklären, daß zur Zeit der Entstehung dieser Schicht Tiere dieser Art noch nicht geschaffen wären (Life and Letters II, Seite 1). Auch in seinem „Orgin of species“ nennt er den Schöpfer als letzte Ursache des Lebens.

von den erblichen Variationen die Grundlage der Darwinschen Theorie, aber zugleich auch einer ihrer schwächsten Punkte. Die moderne Erblichkeitsforschung hat ihn hier streng, oft unverdient streng, beurteilt, weil man vergaß, daß er nicht über das Tatsachenmaterial verfügte, das unsere Zeit zutage gefördert hat. Er arbeitet eben hier mit höchst unklaren Vorstellungen, die das Kapitel über die Gesetze der Variationen schwer verständlich machen. Unter den Umständen, die auf die Fortpflanzungsorgane des Individuums einwirken und dadurch auf die Nachkommen Einfluß haben, nennt er klimatische Verhältnisse verschiedener Art, Ernährungsbedingungen und die Korrelation zwischen verschiedenen Körperteilen, hebt aber stets die Bedeutung der natürlichen Zuchtwahl gegenüber der direkten Wirkung von Lebensbedingungen hervor. Eine Menge von Insektenformen auf den Inseln des Weltmeeres z. B. hat im Vergleich zu ihren Verwandten auf dem Festlande verminderte Flugfähigkeit, die eher dadurch entstand, daß die besten Flieger ins Meer geweht wurden und umkamen, während die schlechten Flieger sich fortpflanzten, als dadurch, daß die Tiere nicht wagten, ihre Flügel zu gebrauchen, und diese infolgedessen verkümmerten. Die Korrelation aber bewirkt, daß, wenn ein Organ durch die Zuchtwahl verändert wird, andere ihm hierin folgen müssen. Ferner nimmt er an, daß Körperteile, die bei einer Art im Vergleich zu den entsprechenden nahestehender Arten besonders entwickelt sind, auch besonders variieren, wie z. B. die Länge der Arme beim Orang-Utan, und daß jede stark entwickelte Eigenschaft auf starkes Variieren in vorhergehenden Stadien hindeute. Dagegen variieren die Flügel der Fledermäuse nicht, so groß sie auch im Verhältnis zu den Extremitäten anderer Säugetiere sind, denn die ganze Gruppe hat Flügel von derselben Art, und das Gesetz könnte nur in dem Fall in Erscheinung treten, wenn eine Art längere Flügel hätte als andere Arten derselben Gattung. Aus diesem Grunde meint er auch, daß Artmerkmale stärker variieren als Gattungsmerkmale, aber die Variationen bei Arten ein und derselben Gattung seien analog. Hiermit in Zusammenhang bringt er das, was er die Reversionstendenz nennt, das namentlich bei Haustieren häufige und unvermutete Auftreten von Formen mit den Merkmalen der wilden Art, z. B. Tauben, die der wilden Felsentaube gleichen, Pferde mit Zebrastreifen und andere solche Erscheinungen.

Nachdem Darwin in dieser Weise versucht hat, die Gesetze der Variation festzustellen, geht er an die Ermittlung der Schwierigkeiten, die die Lehre von der Entwicklung durch natürliche Zuchtwahl bieten kann. Die dieser Aufgabe gewidmeten Kapitel nehmen mehr als die Hälfte des ganzen Buches ein und weisen einen sehr bunten Inhalt auf. In der Tat fühlt sich Darwin verpflichtet, alle denkbaren Einwände gegen seine Theorie zu besprechen, und findet immer einen Ausweg, so verzweifelt

die Sache am Anfang auch scheinen mag. Selbst hält er die Frage, woher die Arbeiter der Ameisen ihre Intelligenz haben, für das am schwierigsten zu erklärende Phänomen, da sie sich nicht fortpflanzen und daher ihre günstigen Variationen keinen Nachkommen vererben können. Er löst die Schwierigkeit durch die Annahme, daß in diesem Fall der Ameisenstaat als Ganzes von den Variationen Nutzen habe. Diejenigen Geschlechtsindividuen, welche Arbeiter mit den besten und vorteilhaftesten Eigenschaften zeugten, hätten im Kampf ums Dasein gesiegt, und auf diese Weise wären sowohl die hoch entwickelten Arbeitertypen als auch die reich ausgebildeten Instinkte, Sklaven zu halten, Blattläuse zu pflegen und andere mehr, entstanden. Eine andere sehr schwierige Aufgabe übernimmt Darwin, indem er zu erklären versucht, wie sich das Auge gebildet hat. Diese Erklärung, die von den Zeitgenossen sehr scharf kritisiert wurde, ist in der Tat recht an den Haaren herbeigezogen. Da ein direkter Übergang von den Augen der Anthropoden zu denen der Wirbeltiere nicht vorhanden ist und aus unbekannten Gründen die Mollusken, unter denen die Tintenfische mit ihren hochentwickelten Augen als Übergang dienen könnten, nicht berücksichtigt werden, schließt die ganze Betrachtung mit einigen allgemeinen Versicherungen über die umgestaltende Fähigkeit der Zuchtwahl. Besser gelingt ihm die Ableitung der Lungen von der Schwimmblase, da auf diesem Gebiete frühere vergleichend anatomische Beobachtungen zur Verfügung stehen. Auch die alte, so oft als Beweis für die Konstanz der Arten angeführte Unfruchtbarkeit der Bastarde wird von Darwin besprochen. Er unterscheidet zwischen Unfruchtbarkeit bei der Kreuzung von Arten auf der einen Seite und der Sterilität der Bastarde andererseits. Hinsichtlich der Unfruchtbarkeit bei Kreuzungen findet er, daß sie in hohem Grade bei verschiedenen Organismen variiere, führt dabei Koelreuters und Gärtners Versuche als Beispiele an und kommt zum Schluß, daß sie in verschiedenen Fällen „durch zufällige und unbekannte Umstände“ verursacht werde. Die Sterilität der Bastarde dagegen vergleicht er mit der Unfruchtbarkeit wilder Tiere in der Gefangenschaft und führt beides auf die direkte Wirkung äußerer Umstände auf die Geschlechtsorgane zurück. Doch auch hier wird von wechselnden Resultaten bei verschiedenen Versuchen berichtet. Die Fruchtbarkeit bei Kreuzung von Varietäten wird durch den Nutzen von Variationen naheliegender Eigenschaften erklärt. Und das Schlußergebnis ist ein Beweis, daß es Übergangsformen zwischen Arten und Varietäten gebe.

Vergleicht man diese Erörterungen von Darwin über Vererbung und Hybridisierung mit den zur selben Zeit von Mendel ausgeführten Experimenten, so kommt der englische Forscher unrettbar zu kurz, denn auf seiner Seite finden wir weitschweifige Spekulationen, bei Mendel

aber klar ersonnene und exakt durchgeführte Experimente. Schon der Ausgangspunkt mußte bestimmend sein: Mendel geht von wenigen und leicht bestimmbaren Eigenschaften aus und stellt ihr Auftreten bei verschiedenen Generationen in verschiedenen Kombinationen fest. Darwin dagegen geht vom Art- und Varietätsbegriff aus, also von den abstraktesten und am schwersten abzugrenzenden Begriffen in der Biologie. In der Tat liegt in diesem Ausgangspunkt die ganze Schwäche von Darwins Forschung und Spekulation. Seine Nachfolger gaben fast augenblicklich diesen Standpunkt auf und suchten statt dessen mit Hilfe des Materials und der Methode der vergleichenden Anatomie nach Beweisen für seine Theorie. Schon Cuvier und seine Nachfolger hatten ja die Veränderungen studiert, die ein und dasselbe Organ in einer Reihe verschiedener Tierformen erleidet. Dadurch, daß diese vergleichende Methode in den Dienst der Abstammungslehre gestellt wurde, erhielt namentlich durch Gegenbaur und seine Schule der Darwinismus ein Untersuchungsmaterial von bestimmter und konkreter Beschaffenheit. Darwin selbst aber hatte wenig Sinn für vergleichende Anatomie, und wenn er auch bisweilen morphologische Beweise für seine Lehre anführt, so tut er es kurz und summarisch. Für die Embryologie hatte er schon mehr Interesse, und obschon er selbst nie als Embryologe tätig gewesen ist, verstand er doch, den Wert vergleichender Untersuchungen an verschiedenen Entwicklungsstadien zu schätzen, und er entwirft die Grundlinien zu einem „biogenetischen Grundgesetz“, das Fritz Müller und Haeckel nur zu vervollständigen brauchten.

Weit mehr ist Darwin zu Hause in den Gebieten der Geologie und Geographie und weist energisch alle Versuche zurück, die Ergebnisse dieser Wissenschaften gegen seine Lehre ins Feld zu führen. Die Lückenhaftigkeit der paläontologischen Reste ist für ihn beweiskräftig genug, um als Antwort auf die Frage bezüglich der „fehlenden Glieder“ zwischen den lebenden Gattungen und Arten zu dienen, während die Verbreitungsweise der lebenden Wesen ihm von Anfang an als sicherster Beweis für die Richtigkeit seiner Lehre erschienen ist. Klimaveränderungen während unermeßlicher Zeiträume waren starke Triebkräfte für neue Variationen und für den Kampf ums Dasein unter neuen Bedingungen, während neugebildete Naturhindernisse in Gestalt von Bergketten und Meeresdurchbrüche einheitliche Gruppen von Lebensformen spalteten und isolierte Entwicklungsgebiete mit nachfolgender Neubildung von Gattungen und Arten schufen. Und immer reichen Variationen und die natürliche Zuchtwahl aus, um alle Phänomene zu erklären. Seit Aristoteles seine Naturerklärung schuf, hat wohl kein Biologe in dem Grade wie Darwin sich verpflichtet gefühlt, alles mögliche zu erklären. In dieser Hinsicht macht er sich die merkwürdigsten Gedanken. In einem

Briefe an Lyell wundert er sich darüber, warum sich nicht die neuseeländischen Fledermäuse, von altersher die einzigen Säugetiere jener Insel, auf den Boden begeben und zu Bodentieren geworden wären, da doch keine Konkurrenz vorhanden gewesen sei. Er traute der Zuchtwahl die wunderlichsten Möglichkeiten zu. Ein Reisender hatte einen Bären in einem nordamerikanischen Fluß schwimmen und im Wasser nach Insekten schnappen sehen, und Darwin findet es nicht unmöglich, daß im Falle reichlichen Vorkommens solcher Nahrung und Fehlens von Konkurrenten ein Teil der Bären Wassertiere werden, einen immer größeren Rachen erhalten und schließlich unförmlich wie Wale werden könnten. Diese barocke Schlußfolgerung, die sich in der ersten Auflage des Werkes findet, aber in den folgenden abgeändert wird, zeugt in besonders auffälliger Form von einer anderen Schwäche der Darwinschen Spekulation, nämlich dem mangelnden Verständnis für gesetzmäßige Notwendigkeit im Dasein. „Ich glaube an kein Gesetz für notwendige Entwicklung“, sagt er ausdrücklich. Die Variationen werden freilich, wie oben angeführt wurde, von Gesetzen geleitet, aber nicht in einer bestimmten Richtung sondern in allen möglichen und je nach dem Zufall völlig unberechenbar durch die natürliche Zuchtwahl beeinflußt. Wenn aber demnach die natürliche Zuchtwahl nur durch den Zufall beeinflußt wird, so ist ja jede Gesetzmäßigkeit im Dasein unmöglich. Hierin liegt in der Tat die größte Schwäche der Darwinschen Lehre von der Zuchtwahl. Sie ist auch in unseren Tagen besonders scharf von Oscar Hertwig in seiner Arbeit, „Das Werden der Organismen“, angegriffen worden, einem Werk, dessen Inhalt aus dem Untertitel, „Eine Widerlegung von Darwins Zufallstheorie“, hervorgeht. Ein ähnliches Urteil fällt auch Rádl, der dabei betont, daß Darwin in der Tat die liberale Auffassung seiner Zeitgenossen von der Gesellschaft auf das Leben in der Natur überträgt, was übrigens schon aus der Rolle hervorgeht, die Malthus' Gesellschaftstheorie in der Entwicklung seiner Lehre gespielt hat. Besonders scharf tritt jene menschlich-soziale Naturauffassung in der oben angeführten Äußerung über den Bären zutage, der, wenn der Zufall es fügt, ins Wasser gehen und sich zu einem Wal ausbilden kann. Mehr auf das menschliche Gesellschaftsleben als auf die Natur passen oft seine in die Form leicht hingeworfener Einfälle gekleideten Aussprüche, die mehr an Verbesserungsvorschläge eines politischen Reformators als an bindende Schlußfolgerungen eines Forschers erinnern. „Man könnte annehmen,“ „nichts hindert uns vorauszusetzen“ und andere ähnliche Phrasen kommen überall bei ihm vor, freilich auch bedingt durch seine oft hervortretende Neigung, den Gedanken mit Möglichkeiten jeder Art spielen zu lassen, eine Neigung, die im Verein mit seinem Glauben an die Möglichkeit, mit Hilfe der einmal aufgestellten Theorie kurz gesagt alle biologischen Erschei-

nungen erklären zu können, zu weitausschauenden Schlußfolgerungen führen mußte. Eine andere Folge der Lehre von der Zuchtwahl ist die ständige Berufung auf eine größtmögliche Anpassung an die herrschenden Verhältnisse mit daraus folgender Hervorhebung der Zweckmäßigkeit in der Natur. Schon früher haben wir das Unbefriedigende in einer solchen Naturerklärung hervorgehoben und werden im folgenden noch darauf zurückkommen, und hier mag bloß erwähnt sein, daß der Glaube an zweckmäßige Anpassung an vorhandene Verhältnisse in nicht unbedeutendem Grade an der Verzögerung der Ausbildung der Biologie zu einer exakten Wissenschaft die Schuld trug.

Der Einfluß von Darwins „Origin of Species" soll im folgenden geschildert werden. Der Ruhm veranlaßte den Verfasser des Werkes nicht, sich zur Ruhe zu setzen. Im Gegenteil arbeitete er sein ganzes Leben hindurch ununterbrochen am weiteren Ausbau der von ihm geschaffenen Theorie und ihrer Anwendung auf verschiedene Lebenserscheinungen. Das größte und wichtigste von seinen späteren Werken erschien im Jahre 1868 in zwei Bänden unter dem Titel „Animals and plants under domestication". Im ersten Bande gibt er eine ausführliche Beschreibung seiner eingehenden rassenbiologischen Studien über Haustiere und Kulturpflanzen. Die systematische Biologie früherer Zeiten hatte im allgemeinen auf diese Wesen wenig Aufmerksamkeit verwendet, denn sie waren ja keine richtigen Arten, sondern nur ein Wirrwarr von Varietäten, in dem niemand sich zurechtfinden konnte. Darwin zeigte nun, wie großes Interesse diese Rassenforschung hätte, und welche bedeutenden Ergebnisse sie liefern könnte. Alle spätere Rassenforschung beruht eigentlich auf seiner Anregung. Hinsichtlich der Exaktheit können sich ja diese Untersuchungen von Darwin in keiner Weise mit den gleichzeitig von Mendel ausgeführten messen, aber sie sind dafür in bezug auf Material und Schlußfolgerungen weit vielseitiger und erregten sofort ein unerhörtes Aufsehen, namentlich bei Männern aus dem praktischen Leben. Darwin hatte ja auch in weitem Maße Angaben von Tierzüchtern und Gärtnern verwendet und war gewiß nicht sehr genau in der Sichtung der von ihnen angegebenen Resultate. Im zweiten Teile dieser Arbeit gibt er neue Beiträge zu seiner Abstammungstheorie. Er erläutert ausführlich seine Auffassung über die Erblichkeit, die in der Kulturgeschichte des 19. Jahrhunderts eine tiefgreifende Rolle gespielt hat, obgleich sie jetzt ganz und gar fallen gelassen worden ist. Vererbung ist für ihn, wie oft betont wurde, gleichbedeutend mit direkter Überführung von Eigenschaften von den Eltern auf die Nachkommen, einer Überführung, die von einer Menge äußerer Umstände beeinflußt wird. Ferner erklärt er den Atavismus, das Hervortreten von Eigenschaften, die denen älterer Generationen gleichen, für abhängig vom Gegensatz

zwischen der Überführung von Eigenschaften und der Entwicklung, und deutet noch andere Vererbungserscheinungen an, nämlich die Überführung von Eigenschaften, welche sich bloß auf ein Geschlecht beschränken, und die Vererbung von Eigenschaften, die in einem gewissen Zeitpunkt des Lebens auftreten. Auch die Erscheinung, die man heute das Dominieren gewisser Eigenschaften nennt, versucht er zu erklären. Er nennt sie „prepotency of transmission“ und findet, daß sie schwer zu erklären sei, setzt sie aber in Beziehung zum Alter der betreffenden Eigenschaft. „Latente“ Eigenschaften, die man jetzt rezessive nennt, waren ebenfalls Gegenstand seiner Beobachtung und Spekulation. Besondere Sorgfalt aber verwandte er auf das Problem der Bastardierung, indem er fortwährend aus seinen Experimenten Beweise für den Übergang von Varietäten und Arten ineinander schöpft. Ferner untersuchte er die Kreuz- und Selbstbefruchtung bei Pflanzen, welche er später in einem besonderen Werk ausführlicher behandelte. Seine Spekulationen über Befruchtung und Bastardierung dürfen nicht nach modernem Maß gemessen werden, denn er kannte ja ebensowenig wie seine Zeitgenossen den wirklichen Verlauf der Befruchtung und war daher imstande, sich in Spekulationen über die Wirkung von genügenden oder ungenügenden Spermamengen auf das Ei zu ergehen. Darauf wendet er sich zu seinen Lieblingstheorien über die Variationsgesetze, die er nun wesentlich erweitert und zwar mit einem starken Zug zum Lamarckismus, indem er mit Bestimmtheit behauptet, daß äußere Umstände, wie Klima, Nahrung und sogar Gebrauch und Nichtgebrauch von Organen die Variationsformen beeinflußten. Auch Bastardierung und Atavismus werden als Variationsursachen angeführt, und das Korrelationsphänomen nochmals im Zusammenhang mit der Variabilität analysiert.

Der Wunsch, eine allgemeingültige Erklärung für die Vererbungs- und Variationsphänomene zu finden, brachte Darwin auf den Gedanken, seine „provisorische Theorie von der Pangenesis“, wie er sie nannte, aufzustellen. In dieser deutet er in einer eigentümlichen Weise die damalige Zytologie, mit der er sich sonst nicht befaßte. Er meint, daß jede Zelle, jede Gewebs- und Organeinheit im Körper kleine „Atome“ erzeuge und ausstoße, die er Gemmulae nennt, und daß diese durch Blut- und Saftströme überall im Körper verteilt, sich nach Bedarf vereinigen und dabei „Einheiten“ bilden derselben Sorte, aus der sie stammen. Die Geschlechtsprodukte sollten demnach „Gemmulae“ aus allen Teilen des Körpers enthalten, die sich zum Embryo vereinigen, und daher sollten alle Teile des neuen Individuums entweder dem Vater oder der Mutter gleichen, je nachdem aus wessen Gemmulae der betreffende Teil aufgebaut wäre. Unangewendete Gemmulae könnten auf die nächste Generation verspart bleiben und dadurch gewissen Individuen Ähnlichkeit mit ihren Großeltern verleihen.

Die Pflanzenknospe sei ebenfalls aus den in der Pflanze gebildeten Gemmulae entstanden, und die Regeneration eines abgeschnittenen Salamanderfußes geschehe durch Ansammlung von Extremitätengemmulae an der Wundstelle. Entstehe dabei, wie es bisweilen vorkomme, eine Mißbildung, so wären eben falsche Gemmulae in Aktion getreten. Diese Theorie hat vor der modernen Vererbungsforschung natürlich nicht standhalten können und braucht daher nicht weiter erörtert zu werden. Darwin selbst erklärt sie für nur provisorisch, meint aber, sie erkläre die erwähnten Fragen besser, als andere und könne darum stehen bleiben. Überhaupt ist es für Darwin bezeichnend, daß er eine Theorie für um so überzeugender hält, je mehr sich durch sie erklären lasse[1]). So aber verhält sich die exakte und kritische Naturforschung nicht zu den Theorien. Sie pflegt solche in dem Maße aufzustellen, als die Einzelforschung ihrer bedarf, aber erweitert sie nicht über die Grenzen des absolut notwendigen. Darwin zeigt sich hier, wie auch sonst oft, als Naturphilosoph, nicht als Naturforscher.

Der spekulative Zug tritt noch deutlicher in seinem nächsten Werk „The descent of man, and selection in relation to sex“ hervor, das drei Jahre nach dem vorhergehenden erschien, aber auch auf langjährigen Vorbereitungen beruht. Schon in seinem Buche „The origin of species“ hatte er nebenbei geäußert, die natürliche Zuchtwahl werde auch Licht auf die Herkunft des Menschen werfen, und diese Bemerkung hatte genügt, um die Erwartung unerhört zu spannen. Die Frage war darauf von Huxley und Haeckel in Angriff genommen worden und war daher nicht mehr aktuell. Dennoch hatte Darwins Darstellung ein gewisses Interesse. Sein Beweis für die Entwicklung des Menschen durch natürliche Zuchtwahl im Kampf ums Dasein aus einer Reihe niederer Tierformen ist natürlich derselbe, den er schon früher hinsichtlich der Tiere aufgestellt hat. Die anatomische und embryologische Beweisführung hat er von seinen oben genannten Vorgängern entlehnen können. Es mag jedoch hervorgehoben werden, daß er nicht, wie Haeckel, auf der Verwandtschaft des Menschen mit den Menschenaffen besteht, sondern meist nur die Säugetiernatur des Menschen betont. Mehr Interesse bietet jedoch seine Ableitung der Seeleneigenschaften des Menschen. Er analysierte viele derselben, wie die Neugier, den Nachahmungstrieb, das Gedächtnis,

---

1) Als ein Beispiel, wie kühn Darwin die schwierigsten Fragen behandelt, und wie spielend er sie erledigt, mag folgendes dienen (vgl. Variations I, Seite 8). Er hebt hervor, daß trotz der natürlichen Zuchtwahl viele einfache Lebensformen bei Anpassung an sehr einfache Lebensbedingungen sich dauernd erhalten, „denn was könnte es einem Infusor oder einen Eingeweidewurm nützen, wenn er sich höher entwickelte“? Man muß gestehen, daß diese Antwort auf eine schwer zu lösende Frage eigentlich gar nichts besagt.

die Einbildung, die Überlegung, und findet sie auch bei Tieren wieder. Sogar für religiöse Gefühle findet er ein Gegenstück in der Verehrung des Hundes für seinen Herrn. Überhaupt begeht er denselben Fehler, wie seitdem unzählige Tierpsychologen, indem er vom Menschen seinen Haustieren durch Dressur aufgezwungene Eigenschaften als spontane Äußerungen des Seelenlebens gelten läßt. Hinsichtlich der Entstehung moralischer Eigenschaften weist er auf die Züge von Selbstaufopferung und sozialer Einigkeit hin, die bei vielen Tierformen angetroffen werden. Besonders bezüglich der Ameisen hat er dieselben übertriebenen Vorstellungen, wie viele seiner Zeitgenossen, und behauptet, daß auch bei wilden Völkern nur soziale Tugenden geachtet würden. Für individuelles Seelenleben hat er kein Interesse, und dieser Mangel, den er ebenfalls mit vielen Zeitgenossen teilt, verführt ihn zu anthropomorpher Deutung reiner Instinkterscheinungen. Seine Leichtgläubigkeit gegenüber den Erzählungen anderer Besitzer von Haustieren über den rein menschlichen Verstand ihrer Lieblinge braucht hier kaum mehr erwähnt zu werden. Über Zeit und Ort der Entstehung des Menschengeschlechtes redet er mit Vorbehalt und ebenso über die Rassenfrage.

Der weitaus größere Teil des zuletzt angeführten Werkes behandelt übrigens eine andere Frage, nämlich die Entstehung der sekundären Geschlechtscharaktere. Hinsichtlich dieser meint Darwin, finde die Lehre von der natürlichen Zuchtwahl keine Anwendung. Er getraut sich nicht, mit ihrer Hilfe die Entstehung solcher Eigenschaften, wie der Hörner des Hirschkäfers und der Männchen anderer Käfer, der leuchtenden Farbenpracht der Schmetterlingsmännchen, des Kammes des Hahnes, des Geweihes der Hirsche und anderer ähnlicher Bildungen zu erklären, und läßt diese Eigenschaften durch eine besondere geschlechtliche Auswahl entstanden sein, die darin besteht, daß die Männchen um die Gunst der Weibchen wetteifern und die schönsten, da sie siegen, ihre Eigenschaften den Nachkommen vererben. Die Beweise hierfür findet er in den Paarungsspielen und -kämpfen der Männchen und führt z. B. an das Spiel der Schmetterlinge in der Luft, die Paarungskämpfe der Hähne und Hirsche, den Gesang der Nachtigall und Lerche, die Balz des Auerhahnes und den kunstvollen Paarungstanz der Klippenvögel. Aber nicht nur die männlichen, sondern auch gewisse andere Eigenschaften führt er auf diese Art von Auswahl zurück, z. B. die Farbenpracht der Schmetterlinge überhaupt, von der er annimmt, daß sie dadurch entstanden sei, daß auch die Weibchen ihren Teil der bei der geschlechtlichen Zuchtwahl vererbten Eigenschaften erhielten. Früher noch, als die allgemeine Lehre von der Zuchtwahl, ist diese Lehre von der geschlechtlichen Auswahl fallen gelassen worden und wird heute kaum noch von wenigen Forschern aufrecht erhalten, wenn sie auch in der populären Literatur noch Spuren hinter-

lassen hat. Was sie zu Fall brachte, war in erster Linie die vermehrte Kenntnis von der inneren Sekretion und ihrem Einflusse auf die sekundären Geschlechtscharaktere, wodurch u. a. sowohl Geschlechtsfärbungen als auch Paarungsspiele ihre Erklärung finden. Daß Darwin hiervon noch nichts wußte, kann ihm nicht zur Last gelegt werden, aber abgesehen davon zeigt seine Lehre von der geschlechtlichen Auswahl in hohem Grade seine Neigung, kritiklos rein menschliche Ideen auf das Tierreich anzuwenden, wenn er z. B. Schönheitswettbewerbe bei Schmetterlingen und Käfern oder musikalisches Gehör bei Heuschrecken und Grillen voraussetzt. Oft ist auch eingewendet worden, daß nur die physische Stärke und keineswegs die Schönheit sowohl dem Hahn wie dem Hirsch zum Sieg verhilft, wobei es oft genug vorkommt, daß die stärksten Männchen einander umbringen und recht schwache Exemplare ihre Stelle bei den Weibchen einnehmen. Gestützt auf seine Theorie schätzte Darwin die männliche Intelligenz durchgehend höher ein als die weibliche und übersah dabei, daß auch die Weibchen eine wichtige und Intelligenz erforderndeTätigkeit bei der Pflege und dem Schutz der Nachkommen ausüben. Dennoch fanden seine Theorien in dieser Hinsicht von gewisser Seite lebhafte Zustimmung, namentlich bei Verfassern wie Nietzsche und Strindberg findet man einen Widerhall seiner diesbezüglichen Lehren.

Im Anschluß an die oben angeführte Arbeit gab Darwin noch ein Werk heraus unter dem Titel „Expression of emotions in man and animals“, in dem er auf Grund eines großen, von ihm gesammelten Materials von Tatsachen über Gemütsbewegungen bei Menschen und Tieren berichtet und auch auf sie natürlich seine Zuchtwahl- und Abstammungslehre anwendet. Außerdem veröffentlichte er im späteren Alter eine Anzahl zum Teil recht wertvoller Spezialarbeiten. Unter diesen mag sein Werk über insektenfressende Pflanzen genannt werden, in welchem er zum ersten Mal feststellt, daß diese Pflanzen wirklich die gefangenen Tiere verdauen und resorbieren. Ferner schrieb er über die Kletterorgane der Pflanzen, die er mit erschöpfender Genauigkeit und aus zahlreichen Gesichtspunkten behandelt, und schließlich über Kreuz- und Selbstbefruchtung bei Pflanzen, eine Arbeit gleichfalls von grundlegender Bedeutung, in der er das von ihm vor dem Vergessenwerden bewahrte Werk von Sprengel fortsetzt und der modernen Vererbungsforschung den Weg bahnt. Noch ein Jahr vor seinem Tode gab er eine kleine, aber geistreiche Arbeit über die Regenwürmer als Humusbildner heraus, in welcher er gestützt auf eine große Anzahl von Beobachtungen und Experimenten feststellt, eine wie große Rolle diese Tiere als Umgestalter der Erdoberfläche spielen, indem sie die äußersten Schichten derselben durch ihren Darmkanal wandern lassen, wo sie physikalisch und chemisch verarbeitet werden.

Diese Tatsachen hatte man früher nicht berücksichtigt, aber sie sind hernach vollkommen bestätigt worden.

Darwin hat sich während des größten Teiles seines Lebens so ausschließlich der Wissenschaft gewidmet, wie selten ein anderer Gelehrter. Er hat nie unterrichtet oder eine andere öffentliche Tätigkeit ausgeübt, vom Gesellschaftsleben hielt ihn seine Krankheit fern, und sein ganzes Wirken beschränkte sich immer mehr auf biologische Spekulationen und Versuche. Hierdurch erklärt es sich, warum er so intensiv, aber auch so einseitig die von ihm selbst aufgestellten Theorien erfaßte. Von anderen naturwissenschaftlichen Richtungen ließ er sich wenig beeinflussen, und zum Schluß verlor er auch sein Interesse für allgemeine Kulturfragen. In der Jugend hatte er sich für Kunst, Dichtung und Musik interessiert, aber im Alter verging auch dieses Interesse; zum Zeitvertreib ließ er sich zwar Romane vorlesen, verlangte von ihnen aber nur, daß sie gut endigten, und kümmerte sich nicht um ihre literarischen Mängel. Mit seinen religiösen Interessen ging es ebenso. Sein christlicher Jugendglaube war anfangs sicher nur traditionell, ohne eigenes Erleben, und mit der Zeit schwand er still und ohne jede Krise dahin und hinterließ eine ruhige unbekümmerte Resignation in bezug auf die letzten Fragen des Daseins, die durch nichts gestört wurde, außer durch die vielen an ihn gerichteten vernunft- und taktlosen Fragen, die er stets gewissenhaft beantwortete. Aus einer solchen Antwort mag hier als letzter Beitrag zu seiner Charakterschilderung folgendes angeführt werden: „Die sicherste Schlußfolgerung ist, wie mir scheint, die, daß die ganze Frage außerhalb des Bereiches des menschlichen Verstandes liegt; der Mensch aber kann seine Pflicht tun".

Darwin ist sehr verschieden beurteilt worden. Gleich bei seinem ersten Auftreten wurde er schon je nach dem Standpunkt des Beurteilers bald als eines der größten Genies der Menschheit gepriesen, bald als unwissender und unzuverlässiger Dilettant getadelt. Und die Nachwelt ist in der Beurteilung auch nicht einiger gewesen. Namentlich seit die Lehre von der Zuchtwahl wenigstens in ihrer ursprünglichen Form erledigt war, fehlte es nicht an harten Worten über ihren Urheber als eine natürliche Reaktion gegen die Vergötterung, die ihm am Ende seines Lebens zuteil wurde und ihren Ausdruck in seiner Beisetzung an Newtons Seite fand. War diese Apotheose berechtigt oder nicht? Die Frage wurde und konnte mit ja und nein beantwortet werden. Die Selektionslehre zu einem „Naturgesetz" zu erheben und dem von Newton festgestellten Gravitationsgesetz gleichzustellen, ist fürwahr eine Verirrung, über die die Zeit bereits ihr Urteil gesprochen hat, denn Darwins Selektionstheorie ist schon längst aufgegeben, und alle von ihm festgestellten Tatsachen sind nur zweiten Ranges. Nimmt man aber zum Maßstab den Einfluß

auf die allgemeine Kulturentwicklung der Menschheit, so ist das Grab an Newtons Seite vollkommen berechtigt. Denn sicher hat seit Newtons Tagen kein Naturforscher so tiefen Einfluß auf die Auffassung der Menschheit vom Leben gehabt, wie Darwin. Seine Entwicklungslehre war es, die an die Stelle der Ideenlehre der Romantik trat und die gemeinsame Abstammung zum vereinigenden Element im Dasein machte, anstatt der Ideen und Urtypen. Die Entwicklung von älteren Stadien zu neueren wurde auf allen Wissensgebieten der Leitfaden der Forschung. Die Geschichte, welche vorher nach „leitenden Ideen" gesucht hatte, ist nun eine ebensolche Entwicklungswissenschaft, wie die Sprachforschung, und auch die Philosophie besitzt wenigstens eine Schule, die dasselbe Prinzip verfolgt. Allgemein bekannt ist auch die Rolle, welche die Entwicklungsidee in der naturalistischen Unterhaltungsliteratur gespielt hat. Die Wirkung des Darwinismus auf die Biologie wird im folgenden geschildert werden. Von seinen Schwächen sind einige oben angeführt worden, aber alle neuen Ideen haben den gemeinsamen Fehler, daß sie zu viel versprechen. Darwin selbst, so anspruchslos er auch persönlich war, traute seiner Lehre zu viel zu und noch viel mehr taten es seine bewundernden Nachfolger. Wir wenden uns nun zur Schilderung des Meinungsaustausches, den die neue Lehre entfachte.

Kapitel XL.

Für und gegen Darwin.

Die Kritiker in unseren Tagen haben sich oft gefragt, wie eine so schwach begründete Hypothese, wie die Darwinsche, mit einem Schlage den größten Teil der damaligen wissenschaftlichen Welt erobern konnte. Wenn die Verteidiger der Theorie sich in ihrer Antwort auf ihren Wahrheitswert berufen, so kann dazu bemerkt werden, daß dieser schon längst in seinen wichtigsten Punkten von einer späteren Forschung für ungenügend befunden worden ist. Es ist auch betont worden, z. B. von Rádl, daß die Einwände, die schon beim ersten Auftreten der Theorie gegen diese erhoben wurden, in vielen Punkten mit denen übereinstimmen, welche sie weit später zu Fall brachten. Die Bedingungen, unter denen der Darwinismus siegte, sind also ein Problem von größter Wichtigkeit nicht bloß für die Geschichte der Biologie, sondern auch für die der Kultur im allgemeinen, ein Problem, das eine sehr viel erschöpfendere Behandlung erfordert, als ihr hier zuteil werden kann. Hier kann nur der Versuch gemacht werden, einige, wie es scheint, besonders bemerkenswerte Umstände bei diesem bedeutungsvollen Umschwung zu beleuchten, dessen Geschichte umfassender zu schildern eine Aufgabe der Zukunft ist.

Darwins Entstehung der Arten enthielt vieles, was Beifall und Anstoß bei den Zeitgenossen wecken mußte. Was ohne Zweifel in hohem Grade sowohl in der einen wie in der anderen Richtung wirkte, war das schon hervorgehobene Verhältnis zu den politischen Bewegungen. Für den Liberalismus war Darwins Lehre von Anfang an ein Bundesgenosse, denn sie erhob ja die Lehre vom freien Wettbewerb, einen der Grundpfeiler der Fortschrittsbewegung, geradezu zu einem Naturgesetz und bekräftigte ebenso auch ihren ersten Grundsatz, den Fortschritt selbst. Je niedriger der Ursprung der menschlichen Kultur angenommen wurde, desto größer waren die Hoffnungen auf ihre künftige Steigerung. Kein Wunder also, daß die Freisinnigen begeistert waren und meinten, der Darwinismus müsse wahr sein, es wäre anders gar nicht möglich. Außerdem fand sich noch verschiedenes andere, was der radikalen Kulturrichtung gefallen mochte, besonders die scharf geformte Polemik gegen die Schöpfungslehre, die gegen den theologischen Obskurantismus ins Feld geführt werden konnte, und auch die Idee des materiellen Zusammenhanges im Dasein, die als Grundsatz der Ideenlehre der reaktionären Romantik gegenüber gestellt wurde. Man übersah gern die Mängel in Darwins Werk, den unklaren Ausgangspunkt, das unkritisch gesammelte Material, die schwankenden, auf bloße Annahmen gegründeten Beweise, den Glauben an die Macht des Zufalls und an die Zweckmäßigkeit als Naturerklärung. In diesen Punkten wiesen ja übrigens die Naturerklärungen früherer Zeiten noch größere Mängel auf, als noch so oft die Weisheit des Schöpfers und der Vorteil des Menschen zu allem die Ursache bildete, also Erklärungen ohne jeden wissenschaftlichen Wert. Diesen gegenüber war in jedem Fall Darwins Theorie ein großer Fortschritt. Die Schwächen konnten ja durch weitere Forschung ausgeglichen, das Unklare und Zufällige durch neue Entdeckungen mit sicheren Tatsachen belegt und die Zweckmäßigkeit in der Natur dadurch der Gesetzmäßigkeit gleichbedeutend gemacht werden. Kurz gesagt, man wollte nicht an der Entwicklungsfähigkeit der Theorie zweifeln, und für den Augenblick bedeutete sie eine Befreiung vom Druck der Vorurteile, aus dem man vorher keinen Ausweg gefunden hatte.

Da also die liberale Richtung sich mit dem Darwinismus solidarisch fühlte, wurde er schon hierdurch den konservativen Kulturelementen um so verhaßter. Bei denen, die ihr Ideal im Alten und Hergebrachten sahen, mußte es Abscheu erwecken zu sehen, wie die „gute, alte Zeit" als eine Station auf dem Wege vom Affenstadium geschildert wurde. Und der freie Wettbewerb, der nach ihrer Meinung bloß zu allerlei Zügellosigkeiten führte, sollte der wahre Schöpfer des Lebens von heute sein an Stelle der göttlichen Vernunft, welche die Welt regiere und Recht und Gesetz hege! Und dann noch dieser schwankende und unbegrenzte Ent-

wicklungsbegriff, der die festen und ewigen Ideen ersetzen sollte, nach denen die Formen der Natur geschaffen wären! So dachten viele, und Darwins Lehre wurde von Kanzel und Katheder bekämpft, auf Naturforscherversammlungen, in Zeitschriften und Zeitungen. Diese erste Polemik gegen den Darwinismus ist von besonderem Interesse. Sie ist noch unvorbereitet und unklar, klammert sich verzweifelt an die alten Ideale und kann sich noch nicht über den Gegner orientieren. In unserer Darstellung kann nur eine Anzahl der wichtigsten wissenschaftlichen Erwiderungen Platz finden, nicht dagegen die bunte Masse anderer Proteste.

Das größte wissenschaftliche Ansehen unter Darwins Gegnern besaß ohne Zweifel Richard Owen. Seine idealistische Morphologie konnte unmöglich mit der Darwinschen Abstammungslehre in Einklang gebracht werden, und er war der Mann, der die Schwächen der neuen Theorie aufdecken konnte. Daß sein Einfluß nicht seinem wissenschaftlichen Ansehen entsprach, beruhte auf der Art seines Auftretens. Anstatt für seine Ansicht einzutreten, schrieb er anonym, indem er sich wiederholt auf „Professor Owen“ als Autorität gegen Darwin berief. Dieses gab seiner Erwiderung den Anschein eines Pamphlets und benahm ihr die Wirkung, die sie sonst wohl gehabt hätte. Dieser Aufsatz (in Edinburgh Review für 1860), der Darwin sehr erbitterte, ist besonders interessant wegen des scharfen Gegensatzes zwischen romantischer Naturphilosophie und realistischer Entwicklungslehre. Owen zeigt hier mit großer Schärfe, wie wenig Tatsachen und wie unsichere Beweise der neuen Lehre zugrunde liegen, wie sehr das Problem der Entstehung der Arten fortlaufend als ungelöst angesehen werden müsse, trotz der Selektionstheorie, und daß man auch andere Faktoren als Variation und natürliche Zuchtwahl für die Artbildung verantwortlich machen könnte. Als solche schlägt er vor, die Parthenogenese und den Generationswechsel anzusehen. Er hält sich zur Vermutung berechtigt, daß verschiedene Stadien eines solchen Zyklus, Polyp und Meduse, oder Sporocyst, Redie und Cercarie, sich. sozusagen, aus der Serie loslösen und Formen, die ihnen selbst gleichen, erzeugen könnte, wodurch der ganze Zyklus in eine Anzahl sehr verschiedener Lebensformen zerfallen würde. Ja, er führt sogar Pouchets Urzeugungsexperiment gegen Darwin ins Feld, denn wenn Infusorien täglich entstehen könnten, wie könne man da annehmen, daß alle höheren Wesen sich in einer einzigen, von primitiven Formen herstammenden Reihe hätten entwickeln können. Owens Vorschläge zur Artenbildungsfrage sind gewiß, vom Standpunkt unserer Zeit gesehen, wenig glücklich, aber sie stellen ja auch nichts anderes vor, als ein Gedankenexperiment, um zu zeigen, wie verwickelt und schwer zu lösen die Frage von der Artenbildung eigentlich wäre. Aber noch schlimmer war es, daß Owen den ganzen Denkapparat der alten idealistischen Naturphilosophie ins Feld

schickte. So führt er die „Polaritätskraft“ an als Faktor, der bei der Schaffung symmetrischer Formen bei den höheren Tieren wirksam sei, dessen wirkliches Wesen hier nicht weiter analysiert zu werden braucht, da es aus dem Namen hervorgeht. Auch die alte Lehre vom „Idealtypus“ wird zum selben Zweck angeführt. Wer aber solche leere Phrasen zur Erklärung des Entstehens der Lebensformen gebraucht, hat kein Recht, den Darwinismus wegen schwacher Beweisführung und Hypothesenmacherei zu beschuldigen. Eine Polemik, wie diese, zeigt am besten, welchen enormen Fortschritt der Darwinismus doch zu seiner Zeit bildete, und warum auch berechtigte Einwände der alten Schule ungehört verklingen mußten.

Denselben Eindruck macht die Kritik des Darwinismus durch Agassiz, einen anderen Vertreter der alten biologischen Schule. Jean Louis Rodolphe Agassiz wurde im Jahre 1807 zu Freiburg in der Schweiz als Sohn französischer Eltern geboren und trieb schon während der Schulzeit naturwissenschaftliche Studien. Er studierte auf verschiedenen deutschen Universitäten und zählte zu seinen Lehrern sowohl Schelling als auch Oken, in erster Linie aber Döllinger, den wir früher schon als Lehrer von K. E. von Baer kennen lernten, promovierte zum Doktor der Medizin und lebte hernach einige Jahre in Paris in lebhaftem Gedankenaustausch mit Cuvier und Humboldt. Besonders die Fische, sowohl die rezenten als auch die fossilen, erwählte er zum Gegenstand seiner Studien. Sein großangelegtes Werk über Europas Fische blieb unvollendet, während ein anderes über fossile Fische auf diesem Gebiete bahnbrechend wurde. Aber auch für Gletscherforschung interessierte sich dieser vielseitige Gelehrte, der ebenfalls auf diesem Gebiete die Bahn brach. Er stellte fest, daß die Gletscher in seinem Vaterlande viel ausgebreiteter gewesen seien, und fand auf einer Reise in Schottland, daß auch hier vor Zeiten große Gletscher bestanden hätten. Er zog daraus den Schluß einer allgemeinen Vereisung Europas, der zur Entstehung der Eiszeitforschung führte, die sich besonders in Skandinavien zu hoher Blüte entwickelte. In den Jahren 1832—1846 war Agassiz Professor in Neuchâtel und siedelte dann nach Amerika über, wo er Professor an der Harvard-Universität wurde, der vornehmsten in den Vereinigten Staaten. Dort entwickelte er als Zoologe und Geologe eine großartige Tätigkeit, machte weite Reisen und verfaßte Arbeiten sowohl über die Tierwelt und die Geologie Amerikas, als auch besonders über theoretische Fragen. Er starb im Jahre 1873.

In seinen theoretischen Schriften erscheint Agassiz als ein echter romantischer Naturphilosoph, wie man es nach seiner Ausbildung erwarten durfte. Das Artproblem beschäftigte ihn viel und wird von ihm in ausgeprägt idealistischer Weise gelöst. Unter solchen Verhältnissen war es

vorauszusehen, daß er den Darwinismus nicht mit Begeisterung begrüßen würde. In seiner Polemik gegen ihn hebt er scharf die Schwächen hervor, das Fehlen wirklich beobachteter Übergänge von einer Art zu einer anderen, das Fehlen der Gesetzmäßigkeit in der Theorie der natürlichen Zuchtwahl, die Schwäche der Schlußfolgerungen über gleiche Abkunft auf Grund der Ähnlichkeit im Embryonalstadium. Der schlimmste Fehler ist aber in seinen Augen, daß die neue Theorie keinen Blick hat für den Schöpfergedanken, der durch die ganze lebende Natur geht. Die Individuen gehen unter, hinterlassen aber von Generation zu Generation das, was nach Abzug des Individuellen typisch ist; daher beständen, während die Individuen nur ein materielles Dasein hätten, Arten, Gattungen, Familien usw. als Gedankenkategorien der höchsten Vernunft und hätten als solche ein wirklich unabhängiges und unvergängliches Dasein[1]). Hier spricht, wie man sieht, der romantische Vollblutidealismus, dessen Träger freilich dank seiner gründlichen fachmännischen Einsicht wohl die Schwächen der neuen biologischen Theorie herausfindet, aber nur, um an ihre Stelle seine eigenen Spekulationen zu setzen, die, gleich unwirklich in Form und Inhalt, unweigerlich dem Untergang geweiht sind.

Es wäre in der Tat wenig lohnend, im Bericht über solche Angriffe gegen Darwin fortzufahren. Es mag nur noch wegen des Aufsehens, den er seinerzeit erregte, der Einwurf des Bischofs von Oxford S. Wilberforce erwähnt werden. Selbst naturwissenschaftlich gebildet und mit dem unermüdlichen Owen als Einbläser prüft er in seiner leicht und ledig verfaßten Schrift die Schwächen des Darwinismus, zerstört aber völlig den Erfolg, indem er zum Schluß bei Besprechung der Abstammung des Menschen einen Predigerton anschlägt und alle Personen der Dreieinigkeit als Beweisgründe für die besondere Erschaffung der Gottebenbildlichkeit ins Feld führt. Von solchen Gegnern hatte Darwin natürlich nichts zu fürchten. Aber auch Forscher mit wirklich moderner Auffassung verhielten sich im Anfang kritisch gegen seine Theorie, wie z. B. Kölliker. In einer kurzen, aber sachlichen Besprechung setzt er klar und bestimmt seine Einwände gegen die Selektionslehre auseinander, indem er gleichzeitig Darwins großes Verdienst anerkennt, das im Bestreben liegt, die Erforschung der Entstehung der Organismen auf Erfahrung zu gründen und dabei die Abstammung als Ausgangspunkt zu wählen, so daß die Lebensformen als eine Reihe von Entwicklungserscheinungen aufgefaßt werden können. Er betont ausdrücklich, daß die früheren Versuche der Naturphilosophie, eine Entwicklungsgeschichte zu konstruieren, schwach

1) In seinem „Essay on classification" sagt Agassiz inbezug auf die rudimentären Organe, daß diese nicht zum Zweck einer Funktion daseien, sondern wegen des Planes, gleichwie an einem Gebäude gewisse Einzelheiten zum Zweck der Symmetrie und nicht wegen des praktischen Nutzens angebracht würden.

wären im Vergleich mit Darwins Leistung, und rühmt dessen umfangreichen Kenntnisse und große Gewissenhaftigkeit bei Ausarbeitung der Theorie. Als schwache Seiten der letzteren hebt er vor allem ihre teleologische Grundidee hervor, das Zweckmäßigkeitsprinzip in den Lebensformen, auf das schon früher hingedeutet wurde, ferner die Abwesenheit von Übergangsformen zwischen den Arten, sowohl den lebenden als auch den fossilen, das Unbewiesene der ganzen Selektionshypothese und schließich den Umstand, daß man keine unfruchtbaren Varietätenbastarde kenne, die doch gelegentlich auftreten müßten, falls die Varietäten Übergänge zu Arten wären. Außerdem meint Kölliker, daß man sich andere Entwicklungswege denken könnte, als die von Darwin vermuteten. Den Gedanken, daß alle Arten so geschaffen wären, wie sie sind, hält er nicht der Mühe wert zu erörtern, aber meint, man könne sich denken, daß entweder alle Organismen aus je einer Urform entstanden wären, oder daß die Arten von einer oder wenigen Urformen abstammten. Den letztgenannten Fall hält er für wahrscheinlicher, aber dann müßte ein allgemeines Bildungsgesetz herrschen, nach welchem Formen einer Art unter gewissen Umständen ganz andere Formen erzeugen könnten, entweder in der Weise, daß eine Larvenform eine selbständige Entwicklungsrichtung einschlage, oder daß ein Ei oder Embryo einer niederen Form einen höheren Lebenstypus hervorbringe. Diese Schöpfungshypothese von Kölliker ist nur ein Entwurf und beruht außerdem auf Voraussetzungen, die nicht bestätigt worden sind. Wertvoll dagegen ist seine auf wirklich exaktem, nicht philosophischem Boden stehende Kritik der Darwinschen Theorie.

Auf diese Kritik von Kölliker antwortete Huxley, der bestimmt jede teleologische Naturerklärung bei Darwin in Abrede stellt, dessen Theorie sich vielmehr durch die Abwesenheit jeglichen Schöpfungszweckes in der Natur auszeichne. Und zum Beweis führt Huxley genau dieselben Sätze aus Darwins „Origin“ an, auf die sich auch Kölliker bezieht. Hieraus geht hervor, daß die beiden Gegner in einer wesentlichen Hinsicht auf verschiedenem Boden stehen müssen, und diese Frage ist von solch allgemeinem Interesse, daß es sich lohnt, sie näher zu prüfen. In der Tat hat Huxley darin Recht, daß ein Schöpfungsplan im Stil der romantischen Naturphilosophie von Darwin nie herangezogen wird. Das hindert aber nicht, daß dessen ständige Hervorhebung der Anpassung von Lebensformen und Organen an gewisse Verhältnisse dennoch eine teleologische Erklärung der Erscheinungen enthält. Nicht bloß die ganze Theorie von der geschlechtlichen Auswahl, sondern auch das meiste in der natürlichen Zuchtwahl steht auf diesem Boden. Der Gegensatz zwischen der romantischen und der darwinistischen Teleologie läßt sich am leichtesten an einem Beispiel erläutern. Auf die Frage, warum hat

die Katze Krallen? wird der Romantiker antworten, wegen des Schöpfungsplanes und um der Weltordnung zu dienen. Um ihrer selbst willen, sagt Darwin, und um den Kampf ums Dasein bestehen zu können. Aber in der Tat ist die Frage töricht, ebenso töricht wie die, warum ein Stein fällt und warum die Erde um die Sonne kreist. Die Biologie kann bloß die Bedingungen ermitteln, unter denen sich die Krallen der Katze entwickeln und gebraucht werden, aber nichts mehr, und wer mehr fragt, der erfüllt nicht Bacons Forderung, daß man richtige Fragen an die Natur stellen solle. Aber solche unrichtige Fragen stellen Darwin und seine Zeitgenossen unaufhörlich an die Natur. Das beruht natürlich darauf, daß sie sich von der romantischen Naturphilosophie, die sie verlassen wollten und deren Mängel sie einsahen, nicht freimachen konnten, denn diese hatte das Lebensproblem mit festem Griff umfaßt. Die Naturphilosophie hatte ja mit ihrem Schöpfungsplan alles Erdenkliche erklärt, und ohne weiteres eine naturwissenschaftliche Selbstbeschränkung durchführen und auf die Erklärung der Ursachen der Lebenserscheinungen verzichten, hätte für die neue Richtung dasselbe wie eine Bankrotterklärung gegenüber dem Gegner bedeutet. Und Darwins Teleologie enthielt im Gegensatz zum idealistischen Schöpfungsplan Entwicklungsmöglichkeiten, insofern als ein Teil der sogenannten zweckmäßigen Anpassungen hernach hauptsächlich durch die Vererbungsforschung unserer Zeit ihre gesetzmäßige Erklärung gefunden hat, während andere Erscheinungen derjenigen Resignation vor dem Unerklärlichen unterliegen, die das Kennzeichen der exakten und kritischen Wissenschaft ist. Darwins heutzutage oft als naiv getadelte Anpassungslehre war also in der Tat ein notwendiges Übergangsstadium, das die Biologie von den Irrtümern früherer Zeiten befreite und eine exaktere Forschung in der Zukunft ermöglichte.

Unter den übrigen Gegnern Darwins in Deutschland kann noch Albert Wigand (1821—1886) erwähnt werden. Er war Professor in Marburg, Schüler von Schleiden und bekannt als tüchtiger Pflanzenanatom und -physiologe und hervorragender Kenner der Kryptogamen. Er war tief religiös und konnte aus diesem Grunde die Lehre von der Urzeugung nicht annehmen. Der Darwinismus mußte ihm folglich auch von Anfang an zuwider sein, und er verfaßte gegen ihn eine Menge Schriften. Schließlich, nachdem er ein Jahrzehnt daran gearbeitet hatte, gab er eine Zusammenfassung seiner Ansichten in einem Werk von 1300 Seiten unter dem Titel „Der Darwinismus" heraus, das zugleich „Beiträge zur Methodik der Naturforschung" sein sollte. Er erscheint hier als ein scharfsinniger Naturforscher und schlagfertiger Kritiker aus der alten, exakten Schule. Cuvier ist sein Ideal als Forscher, und ihm schließt er sich unbedingt im Streit gegen Geoffroys naturphilosophische Einheits-

bestrebungen an. Er hat einen scharfen Blick für die Schwächen des Darwinismus und analysiert ihn sachlich und gründlich. Besonders die Schwächen der Selektionstheorie hebt er scharf hervor und behauptet entgegen der von Darwin vorgebrachten Planlosigkeit in der Variation und Selektion, daß eine bestimmte Richtung und ein Plan in der Entwicklung vorhanden seien, ein Plan, der sowohl den Zufall als auch die Erklärung durch Zweckmäßigkeit ausschließe. Diese Kritik ist ja im großen und ganzen berechtigt, und auch Wigands Behauptung, der Darwinismus sei mehr Naturphilosophie als exakte Wissenschaft, hat ihre Richtigkeit. Aber wo es gilt, die behauptete Gesetzmäßigkeit gegen die Lehre vom Zufall zu begründen, wird erstere einem persönlichen Gott zugeschrieben, denn die Naturwissenschaft könne einer äußersten Ursache des Daseins nicht entraten. Freilich dürfe diese nicht als naturwissenschaftlicher Erklärungsgrund verwendet werden, aber auf ihr beruht jedenfalls die Schöpfungslehre und die Theorie von der Unveränderlichkeit der Arten, die Wigand gegen Darwin verteidigen will. Aber hiermit macht auch er die Wirkung seiner Kritik zunichte, und seine Ideen konnten weder die Naturphilosophen alter Schule, noch exakte Forscher befriedigen. Er selbst aber lebte gerade lange genug, um den Darwinismus auf dem Höhepunkt seines Einflusses auf die Kultur der Menschheit zu sehen.

Auch der alte K. E. von Baer trat gegen den Darwinismus auf und warf ihm Mangel an Gesetzmäßigkeit vor. Er sieht in der Entwicklung ein auf ein bestimmtes Ziel gerichtetes Streben, das er „Zielstrebigkeit“ nennt. Diese erklärt auch die Zweckmäßigkeit im Dasein, setzt aber ihrerseits einen gemeinsamen Plan für die Naturerscheinungen voraus, der wieder nur mit einem persönlichen Schöpfer als Urheber denkbar ist. Die Verehrung, welche der über 80 Jahre alte Entwicklungshistoriker genoß, schützte ihn vor den Angriffen jüngerer Biologen und sein Einwurf verhallte ohne weitere Erörterung.

Am wenigsten wurde der Darwinismus in Frankreich geschätzt, wo Cuviers Schüler die Zoologie beherrschten, und wo auch Vertreter der Experimentalforschung, ein Bernard und andere, wenig für das Spekulative und Hypothetische der neuen Lehre übrig hatten. Bezeichnend genug ist es, daß Darwin erst nach Veröffentlichung seiner pflanzenphysiologischen Arbeiten in die französische Akademie der Wissenschaften gewählt wurde, und zwar nur auf Grund dieser Arbeiten und nicht wegen seiner Abstammungslehre. Und als letztere, von den Franzosen „Le transformisme“ genannt, endlich auch in Lamarcks Vaterland siegte, schlossen sich die Anhänger der neuen Richtung eher an Lamarck als an Darwin an. Unter den älteren Kritikern des Darwinismus in Frankreich ist in erster Linie Jean Louis Armand de Quatrefages de

Bréau (1810—1892) zu nennen. Er war anfangs Arzt, schließlich Professor der Anthropologie in Paris und bekannt als ein hervorragender Kenner der Meeresfauna, besonders der Anneliden. In erster Linie aber war er doch Anthropologe und hat auf diesem Gebiete wertvolle Spezialuntersuchungen ausgeführt, in denen allen jedoch die Überzeugung von der Einheit des Menschengeschlechtes und seiner Unabhängigkeit von den übrigen Lebensformen hervortritt. Gegen den Darwinismus waren mehrere seiner Schriften gerichtet, besonders aber eine unter dem Titel „Charles Darwin et ses précurseurs francais", in der er anfangs verschiedene transformistische Verfasser, de Maillet, Buffon, Lamarck und andere schildert. In bezug auf Darwin erkennt Quatrefages an, daß der Kampf ums Dasein existiert, glaubt aber nicht an seine Fähigkeit, neue Lebensformen zu schaffen. Mit großer Schärfe hebt er Darwins Gewohnheit hervor, Wahrscheinliches und Mögliches, d. h. rein persönliche Überzeugungen, anstatt der Tatsachen und bindenden Beweise anzuführen, und deutet namentlich darauf hin, daß Darwin, wenn es sich um Lebenserscheinungen in vergangenen Zeiten handelt, unaufhörlich „das Unbekannte" anführt. Er schließt seine Beurteilung mit den Worten: „Laßt uns nicht von dem träumen, was sein kann, sondern laßt uns anstatt dessen das annehmen und suchen, was ist!" Unter den älteren Kritikern des Darwinismus nimmt Quatrefages wegen seiner besonnenen und sachlichen Beurteilung der Theorie eine achtungswerte Stellung ein. Erst spät fand die Abstammungslehre Aufnahme in Frankreich, wie gesagt, meist in der lamarckistischen Form, die sich auch in anderen Ländern bemerkbar machte und im folgenden geschildert werden soll.

Polemische Schriften gegen Darwin und seine Theorie erschienen überhaupt massenweise in der ersten Zeit nach seinem Auftreten. Die Hauptmasse hatte gar keinen wissenschaftlichen Wert, gleichviel ob man sich auf religiöse Gründe berief, was das Gewöhnlichste war, oder auf quasiwissenschaftliche und andere. Von wirklich sachlichen Erwiderungen könnten außer den oben angegebenen noch viele andere angeführt werden, doch gestattet der Raum kein näheres Eingehen auf sie. Für den Darwinismus traten zur selben Zeit viele bedeutende Forscher ein, deren Worte schwer in die Wagschale fielen und viel zur raschen Verbreitung der neuen Richtung beitrugen. Aber auch von diesen können hier nur wenige erwähnt werden. In diesem Kapitel sollen noch die englischen Beiträge zugunsten Darwins Platz finden, während einige der folgenden die Entwicklung des Darwinismus in Deutschland schildern werden, wo er ein wesentlich neues Gepräge erhielt.

Unter denen, die sich am frühesten Darwin anschlossen, muß in erster Linie der alte Lyell genannt werden. In seinem Werk „Geological evidence on the antiquity of man", das im Jahre 1863 erschien,

bespricht er die Frage von der Entstehung der Arten durch Variation. Er referiert in Kürze Darwins Theorie und führt als Stütze für sie eine Anzahl Tatsachen besonders aus der Geologie und Paläontologie an. Unter diesen verweilt er besonders bei den im Tertiär ausgestorbenen Rüsseltieren und führt ferner etliche fossile Insekten und den Urvogel Archaeopteryx an. Im Hinblick auf den Menschen, dessen Vorgeschichte das eigentliche Thema des Buches bildet, führt er die von ihm beifällig aufgenommenen Äußerungen Huxleys über die anatomische Übereinstimmung des Menschen mit den höheren Affen an, ebenso Darwins Theorie von der Entstehung der Intelligenz durch natürliche Zuchtwahl und schließt mit einer Zurückweisung der Beschuldigung, als führe der Darwinismus zum Materialismus. Darwin selbst schätzte Lyells Eintreten für ihn besonders hoch, und sicher trug der Einfluß des alten Geologen in hohem Grade zum Siege der neuen Lehre bei.

Unter denen, die neben Darwin als Förderer der Selektionstheorie in erster Linie genannt werden müssen, ist Alfred Russell Wallace. Geboren im Jahre 1823 war er anfangs Ingenieur, später Lehrer an einer Schule und interessierte sich stets für Pflanzen und Insekten, die er sammelte. Zusammen mit seinem Freunde Henry Walter Bates (1825—1892) unternahm er im Jahre 1848 eine naturwissenschaftliche Sammel- und Forschungsreise nach Brasilien. Nach einem Jahre trennten sich die Freunde; Bates blieb in Brasilien und Wallace kehrte heim und begab sich bald darauf in den Indischen Archipel, wo er während einer Reihe von Jahren seine vergleichenden biologischen Forschungen auf verschiedenen Inseln fortsetzte. Von dieser Reise kehrte er bereits als berühmter Forscher zurück und setzte seine biologischen Forschungen teils zu Hause, teils auf Reisen fort. Eine feste Anstellung erhielt er nicht, sondern erwarb seinen Lebensunterhalt durch Schriftstellerei und Vorlesungen. Im Alter erhielt er eine Staatspension. Über 90 Jahre alt starb er im Jahre 1913.

Die Ergebnisse von Wallaces indischer Reise wurden für die Wissenschaft höchst bedeutungsvoll, und durch sie wurde der modernen Tiergeographie die Bahn gebrochen. Wallace stellte fest, daß der westliche Teil des Archipels eine wesentlich indische, der östliche dagegen eine ebenso ausgeprägt australische Tierwelt aufweist. Die Grenze fand er in einem schmalen, aber tiefen Sunde zwischen den Inseln Bali und Lombok und nördlich im Makassarsund zwischen Borneo und Celebes. Auf Grund der auf dieser und den folgenden Reisen gesammelten Erfahrungen arbeitete er ein tiergeographisches System aus, in dem er die Erdoberfläche nach der Verteilung der Tierformen in unserer und früheren Zeitperioden in besondere geographische Regionen einteilte. Dieses tiergeographische System, welches durch die zoologischen Hand-

bücher allgemein bekannt geworden ist, ist sein unvergänglicher Beitrag zur Entwicklung der Biologie.

Während seiner Studien über die Verteilung des Tierlebens auf den Ostindischen Inseln sah sich Wallace vor dieselbe Frage gestellt, wie Darwin auf den Galapagosinseln, denn auch hier hatten die einzelnen Inseln und Inselgruppen ihre besonderen Tierarten. Er fand also, daß die Verteilung der Arten auf der Erde von geologischen Verhältnissen abhängt, und wenn man das Tierleben in früheren Perioden berücksichtigt, findet man, daß, wie er sagt, jeder Art in Zeit und Raum eine ähnliche Art vorangegangen ist, denn an Stelle der jetzt lebenden Formen fanden sich andere, die ihnen ähnlich waren. Diese Betrachtungen bearbeitete er in einem Aufsatz, den er nach England schickte, wo er im Jahre 1855 gedruckt wurde. Die Erklärung des Phänomenes schöpfte er, ebenso wie Darwin, aus Malthus' Lehre vom Wettbewerb, d. h. vom Kampf ums Dasein, der die lebenden Wesen zwingt, sich zu entwickeln, um nicht unterzugehen im Wettstreit mit anderen Arten. Wenn z. B. eine Varietät mit kräftigeren Eigenschaften ausgerüstet ist als die Hauptart, so verdrängt sie diese und nimmt ihren Platz ein. Diese Theorie sprach Wallace in einem Aufsatz aus, den er zur Begutachtung an Darwin sandte. Dieser war erstaunt über die Übereinstimmung von Wallaces Ideen mit denen, die er selbst bearbeitete, und geriet in eine große Bestürzung. Auf den Rat seiner Freunde veröffentlichte er Wallaces Schrift zugleich mit einer Mitteilung über seine eigenen Ergebnisse in der Linnean Society im Jahre 1858, und so erhielt die Wissenschaft dieselbe Theorie von zwei Forschern bearbeitet, die unabhängig voneinander zum selben Resultat gekommen waren. Man hat sich über dieses Zusammentreffen oft genug gewundert und es als einen untrüglichen Beweis für die Wahrheit der Theorie hingestellt. Die Erklärung liegt aber in dem Wesen der beiden Urheber dieser Theorie. Beide waren sie Autodidakten mit wesentlichem Interesse für Systematik, aber ohne anatomische Ausbildung; beide hatten sie eine Inselwelt erforscht und hier ihre Eindrücke erhalten, beide waren also in gleicher Weise dem Problem der Verbreitung der Arten gegenübergetreten, und beide standen schließlich unter dem Einfluß von Malthus. Aber wenn auch die Grundanschauung bei beiden dieselbe ist, so ist doch Wallaces Auffassung des Problems in vieler Hinsicht eigenartig. Er hat sich offenbar nie so sehr wegen des Schöpfungsdogmas aufgeregt, wie Darwin, und teilt keineswegs Darwins Interesse für Haustiervarietäten, mit denen er nie selbst experimentiert hat. Anstatt dessen hat er, der lange in den reichsten Tropengegenden gearbeitet hat, einen viel stärkeren Eindruck vom Formenreichtum und von der Anpassung des Lebens an die Verhältnisse der umgebenden Natur erhalten, und dieser Umstand hat besonders zur

Bildung der von ihm und seinem Freunde Bates geschaffenen Theorie von der schützenden Anpassung oder Mimicry beigetragen.

Bates kehrte nach jahrzehntelangem Aufenthalt im tropischen Südamerika mit reichen Sammlungen heim und wurde schließlich Sekretär der geographischen Gesellschaft Englands. Er veröffentlichte in einem Aufsatz seine Idee über die schützende Ähnlichkeit im Tierreiche, die später von Wallace aufgegriffen und weiter entwickelt wurde. Es ist ja bekannt, daß eine sehr große Anzahl von Tieren in gewissen äußeren Charakteren den Verhältnissen in der sie umgebenden Natur entsprechen. Die weiße Färbung der Polartiere, die sandgelbe der Wüstentiere, die Ähnlichkeit einer Menge von Insekten mit der Baumrinde, auf der sie eben, sind Beispiele dafür. In der reicheren Tier- und Pflanzenwelt der Tropen findet man noch auffallendere Beispiele solcher Ähnlichkeit, besonders bei Insekten, wie z. B. die „wandernden Blätter" und „wandernden Zweige", welche durch ihre Ähnlichkeit mit der Unterlage oft erfahrene Sammler täuschen können. Alle diese Formen, meint Wallace, seien durch natürliche Zuchtwahl im Kampf ums Dasein entstanden, indem die Individuen, welche durch Variieren in der Richtung der größten Ähnlichkeit mit der Umgebung besser als andere geschützt waren, dadurch mehr Gelegenheit hatten, sich fortzupflanzen. Auch die scheinbaren Ausnahmen von dieser Regel, welche oft genug vorkommen, z. B. Tiere mit schreiend lebhaften Farben, bestätigen nach Wallace das Gesetz, denn sie besitzen in der Tat irgendeine andere Eigenschaft, die ihnen ein starker Schutz gegen Feinde ist, und die leuchtenden Farben sind für solche ein Warnungszeichen, z. B. für das Stinktier in Amerika, das durch seinen widrigen Geruch geschützt ist, für die Stinkkröte, den Salamander und viele Insekten, unter ihnen auch für unser gewöhnliches Marienkäferchen mit seinen lebhaft roten, schwarz getüpfelten Flügeldecken, für viele lebhaft gefärbte Schildkröten, die in einer harten Schale stecken, und die vielen giftigen tropischen Schlangen. Die merkwürdigste Anwendung dieses Gesetzes sieht Wallace jedoch in der eigentlichen sogenannten Mimicry oder Maskierung, die sich darin äußert, daß gewisse Tiere sich schützen, indem sie anderen weniger harmlosen im Aussehen gleichen. So gibt es Fliegen, die in Gestalt und Flug Hummeln ähnlich sehen, gewisse Schmetterlinge den Wespen, und noch auffallender ist diese Maskierung in den Tropen, wo ungiftige Schlangen täuschend genau giftigen gleichen und eine Menge Insekten ähnliche Übereinstimmungen zeigen. Die Ursache dieser schützenden Ähnlichkeit findet Wallace natürlich auch in der natürlichen Zuchtwahl. Ferner bespricht er in diesem Zusammenhang auch das Schutzbedürfnis der Weibchen während der Brutpflege und deutet in diesem Sinne ihre anspruchslose Färbung, z. B. bei den Vögeln, bei denen die Männchen, welche dieses

Schutzes nicht bedürfen, eine größere Farbenpracht entwickeln. Auf diese Weise erklärt Wallace die äußere Ungleichheit der Geschlechter, ohne zu Darwins geschlechtlicher Auswahl seine Zuflucht zu nehmen, die er verwirft.

Diese ganze schützende Gleichheit, welche ehemals für eine der stärksten Stützen des Darwinismus galt, ist natürlich zusammen mit der Selektionstheorie gefallen. Besonders die Mimicrytheorie ist schon früher stark bemängelt worden von Forschern, die fanden, daß sie durch Beobachtungen und Experimente nicht bestätigt werde, denn die Feinde, welche durch ihre Verfolgungen die schützende Gleichheit hervorgerufen haben sollen, haben sich mehrfach als nicht vorhanden erwiesen, und man hat Fälle auffallender Ähnlichkeit dieser Art zwischen Tieren aus verschiedenen Weltteilen nachgewiesen, die demnach nicht aufeinander umformend haben einwirken können. Überhaupt hat man, um die Theorie halten zu können, gewissen Tieren ebenso schwaches Beobachtungs- und Unterscheidungsvermögen zugeschrieben, wie es der Mensch besitzt. In dieser Hinsicht war Wallace außerordentlich leichtgläubig und führt unter anderem an, gewisse Staphyliniden erhöben bei nahender Gefahr den Hinterleib und „machen andere Tiere, wie auch Kinder, glauben, daß sie stechen können". Dieser Vergleich zwischen dem Beobachtungsvermögen von Tieren in der freien Natur und Kindern ist fürwahr naiv. Aber Wallace war überhaupt keine kritische Natur. Schon früh überraschte er die Welt damit, daß er, der Freidenker in religiösen Fragen, ein gläubiger Spiritist wurde, der sich in seinen alten Tagen ganz in Geisterschauen und eine Menge damit zusammenhängende Phantasien vertiefte, während er zugleich den Ergebnissen der modernen Vererbungsforschung die tiefste Nichtachtung erwies. Damit stellte er sich endgültig außerhalb der Entwicklung der Naturwissenschaften.

Eine Persönlichkeit von ganz anderem Schlage war Darwins zweiter Kampfgenosse in England, Huxley, einer der berühmtesten Biologen seiner Zeit. Thomas Henry Huxley wurde im Jahre 1825 in einer Vorstadt Londons als Sohn eines armen Volksschullehrers geboren. Nach zweijährigem Schulbesuch, den er selbst als eine Hölle bezeichnet, mußte er vom 10. Jahre an selbst für seine weitere Bildung sorgen und tat das mit solchem Erfolge, daß er 7 Jahre später als Student der medizinischen Fakultät in London angeschrieben wurde. Nach abgelegtem Examen wurde er Arzt in der englischen Flotte, und zwar auf einem Schiff, das das Fahrwasser nördlich von Australien zu untersuchen hatte. Die reiche Tierwelt dieses tropischen Meeres reizte den jungen Arzt, sie zu untersuchen, und er führte unter anderem eine Arbeit über Medusen aus, die ihm große Anerkennung verschaffte. Mit 30 Jahren wurde er Lehrer an einer Bergschule in London und kam da-

durch mit der Paläontologie in Berührung, hatte aber auch Gelegenheit, in der Physiologie und vergleichenden Anatomie zu unterrichten, die er schon während seiner Studentenzeit gründlich studiert hatte. Energisch und unternehmend, wie er war, verstand er es in selten hohem Grade, seine Wissenschaft praktisch zu verwerten. Nicht nur durch populäre Vorlesungen und Lehrbücher, sondern auch als Mitglied von Schulkomitees und Sachkundiger in Fischereifragen arbeitete er für die Verbreitung biologischer Kenntnisse und Einflößung von Achtung für die biologischen Methoden und Anschauungsweisen. Seine Autorität war in den letzten Lebensjahren glänzend, und es regnete Auszeichnungen jeder Art, die auf ihn wenig Eindruck machten. Nach einem längeren Leiden starb er im Jahre 1895. Sein Marmorstandbild steht neben dem Darwins im South Kensington-Museum in London.

Huxley war reich begabt, aber ein mehr kritischer als schaffender Forscher. Sein erstes Werk über die Anatomie und die Verwandtschaftsverhältnisse der Medusen war bahnbrechend. Er wies den Zusammenhang zwischen Hydromedusen und Hydropolypen nach und vereinigte sie in der Ordnung der Hydrozoa. Noch wertvoller war seine Anregung zur Vergleichung der Haut- und Darmschicht dieser Tiere mit den Keimblättern der Embryostadien höherer Tiere. Aus diesem Vergleich entstand seinerzeit die allgemeine Keimblättertheorie. Eine Reihe wertvoller Untersuchungen über die Tunicaten gehörte gleichfalls zu den Früchten seiner Seereise. Auch auf dem Gebiete der Anatomie der Wirbeltiere lieferte er wichtige Beiträge. Besonders bekannt sind seine vergleichenden Untersuchungen über den Bau des Schädels durch die er, gestützt auf die Vorarbeiten von Rathke und anderen, die Haltlosigkeit der Oken-Goetheschen Theorie von der Zusammensetzung des Schädels aus Wirbeln bewies und zugleich dessen metameren Bau in anderer Hinsicht betonte. Hierdurch erlitt Owens Urtypentheorie einen schweren Schlag, der den alten, reizbaren Anatomen zum Feinde Huxleys machte, zumal dieser schon früher von der idealistischen Morphologie Abstand genommen hatte. Als einige Zeit später der alte Owen behauptete, das menschliche Gehirn besäße gewisse Teile, die kein anderes Tier aufzuweisen hätte, und aus diesem Grunde dem Menschen eine Sonderstellung gegenüber den übrigen Tieren verschaffen wollte, bewies Huxley in einer recht beißenden Kritik, daß die anatomischen Einzelheiten in Owens Darstellung alle unrichtig wären, und damit war Owens Versuch, den Menschen von den Tieren zu trennen, erledigt.

Huxley war übrigens in der Jugend Anhänger der Lehre von der Unveränderlichkeit der Arten und Gegner von Lamarcks Entwicklungslehre gewesen. Als aber Darwin auftrat, war er jedenfalls einer von den ersten, die sich überzeugen ließen, und wurde von Stund' an einer der

eifrigsten Vorkämpfer des Darwinismus, sein Generalagent, wie er sich selbst im Scherz nannte. In den ersten Streit um „Die Entstehung der Arten“ griff er mit einer Abhandlung ein, welche zeigt, wie verständnisvoll und selbständig er sich von Anfang an zu Darwins Lehre stellte. Vor allen Dingen fehlt ihm Darwins blinder Glaube an die Alleinherrschaft der kleinen Variationen in der Natur. Er führt als Beispiele für plötzliche Veränderungen das später so oft zitierte „Dachsschaf“ in Amerika an, dessen plötzliches Erscheinen der Zeit nach wohl bekannt ist, und außerdem nach Réaumur die Geschichte von einer Familie, in der ein Kind mit überzähligen Fingern und Zehen geboren wurde, die sich auf seine Nachkommen vererbten. Das Auftreten des Dachsschafes ist ja eine deutliche Mutation, und das Erscheinen überzähliger Finger hätte zu Schlußfolgerungen im Sinne Mendels führen können. Dieses geschah aber nicht, und auch in der gemäßigten Form, in der Huxley seine Abweichungen von der rechtgläubigen Selektionslehre vorbrachte, wurden sie nicht beachtet, denn klein mußten die Variationen sein, damit der Kampf ums Dasein und die Selektion reichlich auf sie einwirken könnten. Und was die Mitteilung von der Vererbung der sechs Finger betraf, so erregte sie kein Interesse, denn mit solchen exakten Einzelbeobachtungen konnte man ja der Schöpfungslehre nichts anhaben, das war aber in jener Zeit die Hauptsache. — Es ist oft beklagt worden, daß Mendels Beobachtungen an solcher Stelle veröffentlicht wurden, wo sie niemand beachtete; aber das Ergebnis wäre wohl in jedem Falle dasselbe gewesen, wo man sie auch hätte veröffentlichen mögen, denn die Zeit war ganz einfach noch nicht reif für sie. — Indessen waren Huxleys Einwände gegen die Lehre des Meisters weder zahlreich, noch scharf. Er bemühte sich vielmehr, das zu verteidigen, was er an ihr gut fand, und das war das meiste. Im Gegensatz zu Darwin war Huxley nämlich ein geborener Polemiker, der immer streitlustig und schlagfertig war, über eine umfassende Belesenheit verfügte und die seltene Fähigkeit besaß, die verwickeltsten Fragen in leichter und faßlicher Form wiederzugeben. Seine Polemik ist übrigens immer weltmännisch. Als Skeptiker behandelt er seinen Gegner mit einem überlegenen, aber keineswegs immer wohlwollendem Lächeln und läßt sich nie aus der Fassung bringen, weder zum Zorn reizen, noch zum Schweigen zwingen. Besonderes Vergnügen gewährte es ihm, mit den Männern der Kirche die Klinge zu kreuzen, und an Gegnern auf diesem Schlachtfelde fehlte es ihm nicht, so lange er lebte. Unter ihnen war auch Gladstone, der große liberale Staatsmann, der bekanntlich nebenbei ein hochgelehrter und hochkonservativer Theologe war. Mit ihm polemisierte Huxley einmal in den achtziger Jahren — der hervorragendste Biologe gegen den größten Staatsmann im damaligen England — über den Bericht des Evangeliums von den Schweinen im

Gergesenischen Lande, die sich ertränkten, nachdem der Teufel in sie gefahren war. Etwas aktuellere Fragen wurden in der Polemik mit einem anderen bekannten Politiker, dem Herzog von Argyle, behandelt, der in einer Schrift „The reign of law“ gegen den Mangel des Darwinismus an Gesetzmäßigkeit im Sinne der idealistischen Naturphilosophie Stellung genommen hatte. Aber auch positiv suchte Huxley die Ideenwelt seiner Zeitgenossen zu beeinflussen, indem er dieselbe soziale Ethik verkündete, die Darwin gelehrt hatte, und die von der Mitwelt in so wesentlichem Maße gebilligt wurde. Er war eifrig bestrebt, die Ergebnisse der modernen Naturwissenschaft an Stelle der althergebrachten klassischen Sprachen zur Grundlage des Schulunterrichtes zu machen, und suchte durch populäre Schriften jene Ergebnisse möglichst weiten Kreisen bekannt zu geben. Als naturwissenschaftlich populärer Schriftsteller ist er unübertrefflich in seiner Klarheit, Wärme und Ehrlichkeit, die ihn nie etwas sagen läßt, wofür er nicht voll eintreten kann, und nie sucht er die begrenzten Möglichkeiten der Naturwissenschaft in bezug auf die Erklärung von Erscheinungen zu verleugnen. Dieselbe Ehrlichkeit beweist er auch als Fachmann. So beschrieb er einmal eine vom Meeresboden stammende Masse, von der er meinte, sie wäre eine Art von undifferenziertem, aber lebendigem Plasma, Haeckel zu Ehren als Bathybius haeckelii, gestand aber offen und freimütig seinen Irrtum ein, als es sich erwies, daß jener Schleim ein lebloser Niederschlag war, wenn auch Haeckel es schwer hatte, Huxleys Beispiel zu folgen. Auch für rein philosophische Fragen interessierte sich Huxley, er war ein großer Bewunderer von David Hume, dem bekannten Skeptiker des 18. Jahrhunderts und Kants Vorgänger als Erkenntniskritiker, und schilderte dessen Leben und Lehre in einem besonderen Werk. Seinen eigenen theoretischen Standpunkt bezeichnete er als Agnostizismus, d. h. ein strenges Festhalten an der Unmöglichkeit etwas anderes, als reine Sinneswahrnehmungen, zu wissen. Dabei muß noch betont werden, daß er sich in selten hohem Grade vom materialistischen Dogmatismus rein hielt, dem so leicht Kämpfer gegen überlieferte Gedanken- und Religionsideale anheimfallen.

Auch unter den Botanikern vom Fach fand Darwin von Anfang an wertvolle Bundesgenossen. Unter diesen mag Asa Gray (1810—1888), Professor an der Harward-Universität und als hervorragender Pflanzensystematiker und Florist bekannt, genannt werden. Er trat sogleich nach Darwins Erscheinen für ihn und gegen seinen Kollegen Agassiz auf. Seine im Laufe der Jahre veröffentlichten Beiträge zur neuen Theorie gab er gesammelt in einem besonderen Werke „Darwiniana“ heraus. In seiner ersten Besprechung von Darwins Werk polemisiert er besonders gegen Agassiz Artbegriff und hebt hervor, daß Darwin, wenn er auch die Abstammungstheorie nicht hat beweisen können, dennoch

die Abstammung der Arten sehr ins Bereich der Möglichkeit gerückt hat. Gray verwendet große Mühe darauf, zu beweisen, daß der Darwinismus mit dem Glauben an einen persönlichen Gott sehr wohl vereinbar sei, und rühmt die neue Theorie namentlich deswegen, weil sie besonders geeignet sei, die Zweckmäßigkeit in der Natur besser zu erklären, als frühere Lehren. Er betont ausdrücklich, daß Darwin die teleologische Naturerklärung wieder eingeführt habe, was auch Kölliker behauptet, aber Huxley bestreitet. So verschiedene Auslegungen konnte der Darwinismus erfahren.

Einen überzeugten Anhänger und treuen Freund gewann Darwin in Joseph Dalton Hooker (1817—1911), einem fleißigen Forschungsreisenden in verschiedenen tropischen Ländern und hervorragenden Pflanzensystematiker, der schließlich Direktor des berühmten botanischen Gartens Kew Gardens in London wurde. Darwin stand während der ganzen Zeit seiner vorbereitenden Arbeiten für seine Theorie mit ihm in ununterbrochenem Gedankenaustausch, und als endlich „The origin" erschienen war, verteidigte Hooker die neue Abstammungslehre sowohl in Zeitschriften als auch in seinen größeren Werken. Besonders die Einleitung zu seinem Werke über die Flora von Tasmanien, welches ein Jahr nach „The origin" erschien, bildet eine Verteidigung der Darwinschen Lehre teils mit Anwendung geographischer Beweisgründe, teils auf Grund systematischer Erwägungen, namentlich im Hinblick auf die vielen artreichen und wegen zahlreicher Zwischenformen schwer zu bearbeitenden Phanerogamengattungen Rubus, Rosa, Salix und andere. Auch Darwins pflanzenphysiologische Untersuchungen wurden von Hooker mit Rat und Tat unterstützt, der überhaupt unter den Vorkämpfern des Darwinismus derjenige war, der Darwin am nächsten stand.

Wie wir sehen, fand Darwins Abstammungslehre von verschiedenen Seiten her Billigung und Unterstützung, denn sie wurde ja in der Tat die am höchsten geschätzte wissenschaftliche Idee jener Zeit. Unter solchen Umständen ist es nicht zu verwundern, daß sich viele Kräfte ihrer weiteren Ausarbeitung widmeten. Dabei konnten jedoch verschiedene Wege eingeschlagen werden, und zwei waren es, die von Anfang an in Betracht kamen, je einer in jedem von beiden Hauptverbreitungsgebieten des Darwinismus. In Deutschland betrat man den von Darwin bloß angedeuteten Weg der vergleichend morphologischen und embryologischen Beweisführung für die Abstammungslehre, während in England die experimentelle und statistische Methode bevorzugt wurde, zu der Darwin selbst das größte Zutrauen hegte. Diese beiden Richtungen sollen im folgenden charakterisiert werden. Im Anschluß hieran muß jedoch noch eines Denkers Erwähnung getan werden, der, obgleich nicht Biologe vom Fach, doch folgerichtiger als die meisten Biologen die Abstammungs-

theorie in der von Darwin gegebenen Form auf alle Erscheinungen des Lebens anzuwenden suchte und schon bei seinen Zeitgenossen als der Entwicklungsphilosoph im wahren Sinne angesehen war.

Herbert Spencer wurde in Derby im mittleren England im Jahre 1820 als Sohn eines Schullehrers geboren. Seine Eltern gehörten beide zwei verschiedenen freikirchlichen Richtungen an, und dieser Zwiespalt rief schon früh beim Sohne Zweifel hervor. In seinem politischen Radikalismus dagegen stimmte er dauernd mit den Eltern überein. Er erhielt eine gute Schulbildung und zeichnete sich besonders in den exakten Wissenschaften aus, während die klassischen Sprachen ihn nicht interessierten. Als Beruf wählte er das Ingenieurfach und zeichnete sich durch einige kleinere Erfindungen aus. Sein unruhiger und vielseitiger Wissensdrang entführte ihn jedoch bald dieser Tätigkeit, und er beschloß die Ausarbeitung eines allgemeinen wissenschaftlichen Systems. Aus diesem Grunde studierte er eine Menge verschiedener Wissenschaften, hauptsächlich exakte, und verdiente das Geld dazu durch Schriftstellerei für Zeitungen und Zeitschriften. Ein öffentliches Amt hat er übrigens niemals bekleidet und die Ehrenbezeugungen, die ihm besonders gegen das Ende seines Lebens angeboten wurden, lehnte er stets ab. Im ständigen Kampf mit seinen ökonomischen Verhältnissen verlebte er seine Tage in Einsamkeit und war dazu noch in der zweiten Hälfte seines Lebens durch ein schweres Nervenleiden geplagt. Er war rücksichtslos radikal nicht nur in seinen politischen Ansichten, sondern auch in seinem persönlichen Auftreten, sagte stets seine Meinung gerade heraus und verstopfte sich die Ohren, wenn ihm ein Gespräch nicht zusagte. Er wurde trotz seiner Kränklichkeit sehr alt. Nach seinem Tode im Jahre 1903 wurde seine Leiche ohne Beerdigungszeremonie verbrannt.

Herbert Spencer war, wie gesagt, kein Biologe vom Fach, und seine Spekulationen über biologische Fragen haben die Wissenschaft nicht wesentlich gefördert. Er verdient jedoch einen Platz in der Geschichte der Biologie als vollendeter und typischer Vertreter der von der allgemeinen Zeitströmung in der Mitte des vorigen Jahrhunderts zum Leben erweckten und durch den Darwinismus geförderten Entwicklungsspekulation. Er wurde allgemein als der konsequenteste Entwicklungsphilosoph seiner Zeit bezeichnet, und die Entwicklung war die Grundlage seines ganzen Systems. Dieses lag in den wesentlichsten Zügen schon fertig vor, bevor Darwin auftrat. Es erschien in Zeitschriften in einer Menge kleinerer Aufsätze, von oft meisterhafter Schärfe und Klarheit, die hernach in einem Werke von mächtigem Umfang unter dem Titel „A system of synthetic philosophy“ zusammengefaßt wurden. Diese Arbeit, die mehr als drei Jahrzehnte erfordert hatte, „gibt eine breite, oft allzu breite Entwicklung dessen, was in den kurzen Abhandlungen erschienen

war“ (Höffding). Als nun Darwins Theorie erschien, schloß sich ihr Spencer an; obschon er sie stets auf seine eigene Art deutete, wurde er einer von den einflußreichsten Förderern der neuen Entwicklungslehre. Man sagt, daß er überhaupt kein Freund weitläufiger Studien gewesen sei. Am liebsten dachte er auf eigene Hand und war überhaupt sehr um seine Selbständigkeit besorgt. Comte und die englischen Positivisten haben ihn jedoch sicher beeinflußt, und in biologischen Fragen beriet er sich, wie er selbst sagt, mit Huxley und Hooker.

Unter Spencers kleinen Aufsätzen findet sich einer aus dem Jahre 1852, in welchem er klar und bestimmt vom Glauben an die Unveränderlichkeit der Arten Abstand nimmt, indem er meint, eine Schöpfungshypothese sei unwissenschaftlich, weil unbegreiflich, und das wahrscheinlichste wäre, daß die verschiedenen Lebensformen auf der Erde sich im Laufe der Zeiten durch Einwirkung äußerer Lebensverhältnisse verändert hätten. In ein paar anderen gleichfalls vordarwinischen Abhandlungen, „Über Gesetze und Ursachen des Fortschritts“ und „Über die Entstehung der Wissenschaft“, gibt er eine allgemeinere Darstellung seiner Entwicklungslehre, die er später unter Hinzuziehung der Selektionstheorie in dem großen philosophischen Werke erweiterte. In diesem wird als Aufgabe der Philosophie die Zusammenfassung der Ergebnisse aller übrigen Wissenschaften, der Physik, Chemie und Biologie, ebenso wie der Psychologie und Soziologie hingestellt. Die für alle Wissenschaften gemeinsame Einheit ist aber die Entwicklung. Jedes Dasein ist Entwicklung, die Himmelskörper verändern sich, die Erde war einstmals glühend und hat seitdem eine Reihe von Entwicklungsformen durchlaufen, und dasselbe tun auch alle auf ihr befindlichen Dinge, sowohl die lebenden als auch die leblosen. Die einzelnen Pflanzen- und Tierindividuen entwickeln sich, ebenso auch die Arten und Gattungen. Auch die Menschheit entwickelt sich von Individuum zu Individuum, von Generation zu Generation. Die Frage, was Entwicklung denn eigentlich ist, muß unter solchen Umständen Spencer so erschöpfend als möglich zu beantworten suchen. In seiner oben genannten Abhandlung über die Entwicklungsgesetze versucht er die Antwort aus biologischem Gesichtspunkt zu formulieren und geht dabei von C. F. Wolffs, Goethes und K. E. von Baers Entwicklungstheorien aus. Er findet im Anschluß an diese, daß die Entwicklung eine Veränderung vom Einfachen zum Zusammengesetzten sei, wie aus dem Ei, das durchweg gleichförmig wäre sowohl hinsichtlich des Baues als auch der Zusammensetzung, sich ein Individuum mit verschiedenen Teilen und Organen entwickele, die sich immer mehr differenzieren, je mehr die Entwicklung fortschreite. Dieses Gesetz gilt nach Spencer überall. Die Erde, die einstmals gleichförmig glühend war, erhielt nach ihrer Abkühlung eine immer ungleich-

artiger werdende Oberfläche. Die lebenden Pflanzen waren ursprünglich primitiv und homogen, aber aus diesen Ausgangsformen entwickelte sich alsdann eine immer größere Mannigfaltigkeit von Lebensformen. Das menschliche soziale Leben zeigt dasselbe Bild, und ebenso differenzieren sich Sprachen und andere Äußerungen des Seelenlebens. Aber wodurch werden diese Differentiationen hervorgerufen? Spencer beantwortet diese Frage mit der Behauptung, daß jede Ursache stets mehr als eine Wirkung habe, zünde man z. B. ein Licht an, so sei das ein einfacher chemischer Prozeß, der aber eine Menge verschiedener Wirkungen hervorbringe in Form von Wärme, Licht und chemischen Produkten. So erzeuge die Erde eine immer größere Anzahl von Erscheinungen. Diese ganze Erörterung der Kausalität ist ja eine rein metaphysische Konstruktion, und gegen die ihr zugrunde liegende Entwicklungstheorie kann vom biologischen Standpunkt aus die Bemerkung gemacht werden, daß sich Spencer rückhaltslos der Wolffschen Epigenesistheorie angeschlossen hat. Stellt man sich etwa auf den Standpunkt der Präformationslehre, so fällt die ganze Grundlage dieser Entwicklungslehre weg. Und in unseren Tagen sieht man das Ei keineswegs für undifferenziert an, es ist im Gegenteil mit seinen vielen Erbfaktoren und seiner von Anfang an vorhandenen Orientierung ein außerordentlich kompliziertes Gebilde.

Hernach hat Spencer in der Tat versucht, seine Entwicklungstheorie zu vertiefen. Er sah in der Entwicklung einen Konsolidierungsprozeß. Die Eizelle entnimmt den umgebenden Geweben ihre Nahrung, und der Embryo dem Eidotter, während in beiden die Konsolidierung fortschreitet. In derselben Weise konsolidieren sich die Himmelskörper aus Nebelflecken und die menschlichen Gesellschaftsverbände aus zerstreuten Scharen. Ferner sieht Spencer in der Entwicklung einen Übergang vom Unbestimmten zum Bestimmten und führt dafür Beispiele aus dem Leben der Individuen und der Staaten an. Vor allen Dingen aber hat er in späteren Jahren die Erfahrung gemacht, daß eine Entwicklung nicht immer vorwärts schreitet, sondern auch die entgegengesetzte Richtung einschlagen kann, daß Fortschritt und Rückschritt miteinander abwechseln. Diese Spekulation leidet im großen und ganzen am Übertriebenen Bestreben, durchaus alle Erscheinungen auf der Erde unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zu bringen, weshalb eben die Definition zu abstrakt ausfallen muß. Sie besagt zu wenig, indem sie zu vieles umfassen soll. Dasselbe gilt von seiner Definition des Lebens im biologischen Teil des großen Werkes. Es werden verschiedene Charakteristiken des Lebens geprüft, und zum Schluß folgende endgültig angenommen: „Das Leben ist eine ununterbrochene Anpassung innerer Verhältnisse an äußere.“ Je höher das Leben, desto stärker ist die Verbindung zwischen dem Inneren und Äußeren, und das Seelenleben repräsentiert den höchsten

Grad der Beziehungen zwischen inneren und äußeren Veränderungen. Seine Anwendung dieser Lebenstheorie im einzelnen bietet weniger interessantes. Obgleich sie von Huxley und Hooker durchgesehen war, entspricht sie wenig den Ideen unserer Zeit, und als Beispiel mag angeführt werden, daß nach ihr das Leben der Organisation der Materie, in der es sich entwickelt, vorausgeht, während jedoch Leben und Organisation untrennbar zusammengehören.

Die Neigung zu abstrakten Schlüssen ist oft als eine Schwäche bei Spencer bezeichnet worden, und sie zeigt sich in dem oben erwähnten Bestreben, die verschiedensten Erscheinungen im Dasein unter einem Gesichtspunkt zusammenzufassen. Er selbst definiert die Erkenntnis als die Einordnung einer jeden einzelnen Erscheinung in den Kreis einer allgemeineren, bereits bekannten, z. B. der Muskelarbeit, wenn möglich, in die Gruppe der Hebelmechanismen, und folgert daraus, daß die letzten, d. h. allgemeinsten Phänomene unerklärbar sein müßten, da sie mit nichts allgemeinerem mehr verglichen werden könnten. Er betont mit fast leidenschaftlichem Nachdruck, daß unser Erkenntnisvermögen begrenzt sei; was Materie, Kraft, Raum und Zeit wären, würden wir nie wissen, da unser Gedanke sie nicht fassen könne, und wir könnten bloß die Erscheinungen untersuchen, die durch unser Verhalten zu ihnen bewirkt würden. Aus diesem Grunde räumt Spencer der Religion das Recht ein, über das, was wir nie wissen können, sich eine Ansicht zu bilden. Religiöse Probleme interessieren ihn jedoch wenig. Desto mehr beschäftigt er sich mit sozialen Fragen, und auf diesem Gebiete erhält seine Entwicklungstheorie ihren eigentümlichsten Ausdruck. Sein Glaube an den Fortschritt der Menschheit ist unbegrenzt, und auf diesem Gebiete will er Darwins Theorie von der natürlichen Zuchtwahl uneingeschränkt angewandt wissen, oder wie er selbst sagt, das Überleben der Besten. Die Freiheit des einzelnen Individuums stellt er höher als alles andere: „Jeder Mensch hat das Recht zu tun, was er will, wenn er bloß dasselbe Recht eines anderen nicht kränkt.“ Der Staat sei ein Überbleibsel der primitiven Verhältnisse älterer Zeiten und sein Eingreifen in das Leben des einzelnen vom Übel, da es die Wirkung der freien Selektion hindere. Alle Regierungsmaßnahmen seien schlimmer, als wenn sie von einzelnen ausgeführt würden, die öffentliche Armenpflege teuer und schlecht im Vergleich mit privater Mildtätigkeit, öffentliche Schulen stets schlechter als private. Überhaupt müsse der Staat auf den Aussterbeetat gesetzt werden, aber einstweilen müsse man sich darein finden, zum Schutz der inneren Sicherheit Polizei und zum Schutz der äußeren Militär zu haben, aber beileibe nur keine allgemeine Wehrpflicht. Um so größere Forderungen müßten jedoch an die Moral des Einzelnen gestellt werden, von ihm fordert Spencer auch recht viel. Infolge seines Glaubens an

die Vererbung erworbener Eigenschaften meint er ferner, daß die seelischen Eigenschaften des Individuums Gemeingut der Familie würden, denn der Beschaffenheit der Seele entsprächen gewisse Strukturverhältnisse im Gehirn, und wenn die Seele sich vervollkommne, so entwickele sich auch das Gehirn, werde von den Nachkommen ererbt und komme so der Menschheit zugute. Der Zweck der Moral sei, so viel Glück als möglich zu schaffen, doch wäre das Glück nicht im materiellen Wohlstande zu suchen, zumal dieser oft zu weniger rechtschaffenen Handlungen verleite. Das höchste Glück des Individuums müsse darin liegen, in wenn auch geringem Grade zur Entwicklung des Ganzen beitragen zu können. Die Moral ist also bei Spencer, wie überhaupt beim Positivismus jener Zeit, mehr für die Gesamtheit, als für den einzelnen da. Bei ihm und seinen Zeitgenossen fehlte eben der Sinn für das rein Persönliche, er hatte wenig Verständnis für die Sehnsucht des Individuums nach persönlicher Befreiung aus engen und drückenden äußeren Verhältnissen oder innerer Gewissensnot. Er setzte voraus, daß ein jeder ruhig eine bessere Zukunft abwarten sollte, was allerdings den Menschen in jenen Tagen näher lag als in unseren.

Das Gegenteil von einer lichteren Zukunft mußte übrigens Spencer selbst noch erleben. Der von ihm gehaßte Militarismus gewann gegen Ende des Jahrhunderts Überhand, die Kolonisation tropischer Länder, die er gleichfalls mißbilligte, nahm ebenso zu, und die Sozialdemokratie mit ihren Verstaatlichungstheorien mußte ihm ebenfalls zuwider sein. Aber auch die Philosophie fing schon zu seinen Lebzeiten an, andere Bahnen einzuschlagen, als die von ihm vorgezeichneten. Wenn demnach auch seine Ansichten jetzt zum großen Teil veraltet sind, so muß er doch als einer der unbeugsamsten, uneigennützigsten und mannhaftesten Vorkämpfer der Entwicklungslehre zu allen Zeiten gelten.

Kapitel XLI.

Die Abstammungslehre auf morphologischer Grundlage.

Gegenbaur und seine Schule.

In seiner „Geschichte der biologischen Theorien“ behauptet Rádl, der Darwinismus sei zwar in England geboren, habe aber in Deutschland seine Heimat gefunden. Dieser Ausspruch ist unzweifelhaft insofern berechtigt, als Deutschland während der nächsten Jahrzehnte nach dem Erscheinen des Darwinismus eine leitende Stellung in der biologischen Forschung einnahm. England und Amerika gerieten auf diesem Gebiete bald unter deutsche Führung, ebenso auch Italien, und Frankreich, das eine isolierte Stellung einnahm, konnte sich auch nicht ganz diesem Ein-

fluß entziehen. Die Ursachen hierfür waren sicher verschiedener Art. Teils war es der große ökonomische und technische Aufschwung, der auf die Einigung des Deutschen Reiches folgte und auf mannigfaltige Weise der Forschung zugute kam, teils die vorzügliche Organisation der Arbeit auf den deutschen Universitäten, welche besonders in der sorgfältigen und planmäßigen Leitung der theoretischen Studien, praktischen Arbeiten und wissenschaftlichen Produktion der Studierenden seitens der Lehrer bestand und für andere Länder vorbildlich wurde. Was speziell die Biologie in Deutschland betrifft, so hatte sie und besonders die vergleichende Anatomie schon vor Darwins Auftreten einen außerordentlich hohen Standpunkt erreicht. Die vergleichende Anatomie gründete sich ja anfangs auf die idealistische Morphologie, d. h. auf die Annahme, daß Ideen den verschiedenen Lebensformen zugrunde lagen; aber wir sahen auch schon, wie diese Form der romantischen Naturphilosophie Schritt für Schritt von der realistischen Anschauungsweise verdrängt wurde. Der Darwinismus verlieh nun dieser realistischen Morphologie, wie wir wissen, einen bisher vermißten Zusammenhang zwischen den Erscheinungen des Daseins, und die gemeinsame Abstammung trat nun an die Stelle der gemeinsamen Idealtypen. Daß gerade die Vertreter der vergleichenden Anatomie in Deutschland die neue Theorie mit so hoher Begeisterung begrüßten, erklärt sich durch das bei ihnen von altersher vorhandene starke Bedürfnis nach einer einheitlichen Naturauffassung, dem Erbteil der vormals allein herrschenden romantischen Philosophie. Aber gerade dieser nie ganz verschwundene Einschlag von Romantik gibt dem deutschen Darwinismus und seiner Anwendung der Abstammungslehre auf die vergleichende Anatomie ein eigenartiges Gepräge. Auch der allgemeine Kulturzustand im damaligen Deutschland mußte natürlich in hohem Grade die Ausgestaltung der neuen Lehre mit beeinflussen. Namentlich zwei Forscher, Gegenbaur und Haeckel, sind es, die zwei verschiedene Seiten der Rückwirkung des Darwinismus auf die Kultur ihrer Zeit vertreten.

Karl Gegenbaur wurde im Jahre 1826 zu Würzburg in einer alten und angesehenen Beamtenfamilie geboren. Die Schule und Universität besuchte er in seiner Vaterstadt und widmete sich im Gegensatz zur Familienüberlieferung der Medizin, um seinen früh erwachten Eifer für naturwissenschaftliche Studien befriedigen zu können. Seine Vaterstadt Würzburg bot ihm in dieser Hinsicht wenig Anregung, denn im Gymnasium herrschten die Jesuiten und ihr Geist, und auf der Universität war es nicht viel besser bestellt, bis Kölliker mit seinem Assistenten Leydig anlangte. Von da ab nahm das Studium der Biologie einen kräftigen Aufschwung, und mehr noch als Virchow ein paar Jahre später mit seiner Lehrtätigkeit begann. Diese beiden Männer machten in kurzer Zeit Würzburg zu einer Pflanzstätte für biologische Forschung, und unter

ihren Schülern nahm Gegenbaur sogleich eine hervorragende Stellung ein. Im Jahre 1851 promovierte er bei Kölliker und begleitete diesen bald darauf auf seiner Reise an die Küste des Mittelmeeres. Diese Reise machte den jungen Forscher endgültig zum vergleichenden Anatomen. Das unmittelbare Ergebnis waren mehrere wertvolle Untersuchungen über verschiedene Arten von Meerestieren, und ein weiteres, daß er im Jahre 1855 zum Professor nach Jena berufen wurde. Auf dieser kleinen, von einer freisinnigen Regierung unterhaltenen, protestantischen Universität fühlte sich Gegenbaur, obgleich er selbst Katholik war, von Anfang an heimisch, denn er hatte genug von den Zuständen in seiner Vaterstadt, wo die Krankenhäuser unter der Leitung der Geistlichkeit standen und die Ärzte priesterlicher Kontrolle unterworfen waren. In Jena sammelte sich um ihn eine Schar gleichgesinnter Freunde und Schüler, unter denen der hervorragendste Haeckel war, und hier arbeitete er das wissenschaftliche System aus, das er fortan während seines ganzen Lebens anwendete, und schrieb seine besten Werke. Im Jahre 1872 nahm er einen Ruf nach Heidelberg an, wo größere Mittel zu seiner Verfügung standen, und wo er bis zur Jahrhundertwende wirkte. Wegen zunehmender Kränklichkeit nahm er Abschied und starb nach mehreren Schlaganfällen im Jahre 1903.

Gegenbaur war eine kraftvoll ausgeprägte Persönlichkeit, ein Freund seinen Freunden und ein Feind seinen Feinden. Als Gründer einer Schule kann er neben J. Müller genannt werden. Während aber dieser seinen Schülern nur seine von ihm erfundenen Methoden beibrachte und sie in theoretischen Fragen ihre eigenen Wege gehen ließ, duldete Gegenbaur keine Abweichung von den allgemeinen Grundsätzen, die er einmal zu den seinigen gemacht hatte. Und er vermochte seinen Schülern eine so „grenzenlose Bewunderung“ (Fürbringer) einzuflößen, daß die meisten Zeit ihres Lebens bereit waren, auf die Worte des Meisters zu schwören. Diesen Einfluß gewann er nicht durch seine Vorlesungen, denn diese waren wenig formvollendet, sondern durch sein warmes Interesse für die Arbeiten seiner Schüler, vorausgesetzt daß diese die rechte Richtung einschlugen. Im Laboratorium wurde er der Freund und Kamerad seiner Schüler, deren Lebensweg er mit nie schwindendem Wohlwollen begleitete. Aber Widerspruch duldete er nicht, und als Polemiker war er gehässig und unversöhnlich, obwohl er sich stets beherrscht ausdrückte. In Jena arbeitete er getreulich mit Haeckel zusammen, und sie tauschten miteinander ihre Ideen aus. Nach der Übersiedelung nach Heidelberg hörte jedoch dieses Zusammenarbeiten auf, und die Freundschaft wurde um so kühler, je mehr sich Haeckel mit populärer Agitation befaßte, die Gegenbaur stets mißbilligte. Im Alter stand der Philosoph Hegelscher Richtung, Kuno Fischer, Gegenbaur am nächsten, und er wurde von jenem, was recht bezeichnend ist, für einen tiefen Denker gehalten.

Gegenbaurs erste Arbeiten kamen während seines Aufenthaltes am Mittelmeer zustande und betrafen die Anatomie und Entwicklungsgeschichte gewisser Meerestiere; besonders Medusen und andere Coelenteraten, Ascidien und Würmer wurden in dieser Zeit von ihm, und zwar in vielen Fällen mit bedeutendem Erfolge, bearbeitet. Bald jedoch ging er ganz zum Studium der Wirbeltiere über. Eine seiner Arbeiten auf diesem Gebiete ist eine Abhandlung aus dem Jahre 1861 über die Entwicklung des Eies, in der er nachweist, daß alle Eier von Wirbeltieren einfache Zellen sind, denn bis dahin hatte man noch geglaubt, daß z. B. das Vogelei ein mehrzelliges Organ wäre, weil man die Körnchen im Dotter für freie Zellen hielt. Im Anschluß hieran unterstützt er kräftig Max Schultzes Ansicht, daß Zellen nicht immer Membranen haben müssen, und daß Plasma und Kern ihre Grundbestandteile sind. Diese Untersuchung, die vielleicht unter allen Arbeiten von Gegenbaur den größten Entdeckungswert hat, war der Anfang einer langen Reihe anderer Arbeiten, in denen er auf verschiedene Organe von Wirbeltieren die vergleichende Methode anwendet, welche er zum Zweck der Bestätigung der Darwinschen Lehre ausgearbeitet hatte, und die darin bestand, daß er durch vergleichend anatomische Untersuchungen die auf Abstammung beruhende Verwandtschaft der Tierformen zu ermitteln suchte. Besonders hervorragend in dieser Hinsicht und vorbildlich für eine ganze Generation von Forschern waren seine vergleichenden Untersuchungen über Skelette, die in dem Werke „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere" zusammengestellt sind. Unter diesen ist wiederum am bekanntesten die Abhandlung „Carpus und Tarsus", in der er Stück für Stück die Knochen der Hand und des Fußes bei verschiedenen Wirbeltieren vergleicht und, ihre Identität feststellend, die Extremitätenform zu rekonstruieren versucht, welche die Vorfahren der Wirbeltiere ihrerzeit besessen haben. Diese Extremität nennt er in einer folgenden Schrift „Archipterygium". Seiner Meinung nach hat sie sich aus dem Kiemenapparat gebildet, und er rekonstruiert die Veränderungen, durch die einerseits die Flossen der Fische und andererseits die Bewegungsorgane der Landtiere entstanden sein können. Zu dieser Untersuchung fügt er eine andere über den Schultergürtel und über das Becken, die beide in entsprechender Weise verglichen werden. Die letzte und größte Abteilung des Werkes trägt den Titel „Das Kopfskelett der Selachier" und wird von Gegenbaurs Schülern als der Höhepunkt seiner Leistungen bezeichnet. In ihr untersucht er die alte Theorie von der Zusammensetzung des Schädels aus Wirbeln und verwirft sie nach Huxleys Beispiel. An ihrer Stelle wird der Schädel der Haie als Urtypus hingestellt, von dem er die Schädel aller höheren Wirbeltiere ableitet. Der Haischädel ist während des ganzen Lebens eine Knorpelkapsel, und als solche

wird er auch bei den höheren Wirbeltieren angelegt, bei denen sich später der definitive Schädel unter Mitwirkung einer Anzahl von aus der Haut stammenden Deckknochen ausbildet. Dagegen wird das Visceralskelett des Kopfes, die Kiemenbogen und Kiefer, den Rippen gleichgestellt, wodurch jedenfalls für einen Teil des Kopfes die Segmentierung festgestellt wird. Im Anschluß an diese Skelettuntersuchungen führte Gegenbaur eine Anzahl von vergleichenden Untersuchungen über die Anatomie des Nerven- und Muskelsystems und der Verdauungsorgane aus. Alle seine Forschungsergebnisse faßte er gegen Ende seines Lebens in einem großen Werk, „Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere", zusammen, in welchem seine Ideen und Bestrebungen den vollkommensten Ausdruck finden. Außer diesem Werke hatte er früher schon Lehrbücher, „Grundzüge" und „Grundriß der vergleichenden Anatomie", herausgegeben, die in übersichtlicher Form seine Ansichten wiedergeben, und deren Anordnung und Inhalt vielen späteren Forschern als Muster gedient hat. Gegenbaurs Stil ist in diesen Büchern, wie auch in seinen Spezialarbeiten schwerfällig und zum Teil auch schwer verständlich, was von seinen Bewunderern der Tiefe seiner Gedanken zugeschrieben wird. Folgerichtigkeit und Zielbewußtheit sind jedenfalls der in seinen literarischen Leistungen hervortretende Zug, welcher auch ihren Erfolg bei den Zeitgenossen erklärt.

In einigen im Alter verfaßten Programmschriften legt Gegenbaur die Grundsätze dar, nach denen seiner Meinung nach die biologische Forschung betrieben werden muß. Für ihn ist die vergleichende Anatomie der wesentliche, um nicht zu sagen der einzige Weg zur Erkenntnis des Lebens, d. h. die Feststellung der gegenseitigen Verwandtschaftsverhältnisse der verschiedenen Lebensformen durch Ermittlung ihrer gemeinsamen Abkunft. „Das Endziel ist die Phylogenie", sagt er in einem Bericht über das Verhältnis der Anatomie zur Ontogenie. Die Entstehung der Arten führt er nach Darwins Vorgang auf die natürliche Zuchtwahl zurück, erörtert aber diese Frage nicht weiter, sondern wendet sich zur Ableitung der verschiedenen Organe von gemeinsamen Urtypen, die er bei niedriger stehenden Organismen, hinsichtlich der Wirbeltiere bei den Haien, zu finden meint. Ermittelungen von Homologien im Hinblick auf phylogenetische Spekulationen sind also das Ziel seiner Forschungen, und ihn interessieren nur die Formen und Formenveränderungen der Organe, während physiologische Fragen beiseite geschoben werden und experimentelle Untersuchungen unnütz sind. Die Histologie ist für ihn nichts anderes, als mikroskopische Anatomie, und für ihre Bestrebungen, die Stoffwechselvorgänge in den Elementarteilen des Körpers nachzuweisen, fehlte ihm das Verständnis. Sogar der Embryologie, die doch so schwerwiegende Beiträge zur Abstammungslehre geliefert hat, weist er keine selbständige Stellung an, sondern verlangt, sie solle sich nach den Ergeb-

nissen der Vergleichung fertig ausgebildeter Organe richten. Da nun aber diese Abstammungserörterungen nie zu vollgültigen Beweisen führen können, blieb im Grunde genommen Gegenbaurs Forschung eine theoretische Spekulation, die sich bloß scheinbar, nicht aber in Wirklichkeit von den Spekulationen der idealistischen Naturphilosophie unterscheidet. Gegenbaurs Archipterygium und Owens Archetype sind, genau genommen, gleich unwirkliche Gedankenerzeugnisse und unterscheiden sich nur dadurch, daß ersteres irgendeinmal existiert haben soll, während der Archetype in die Welt der Ideale verlegt ist. Aber gerade von dieser Unwirklichkeit ihrer Urtypen wollten Gegenbaur und seine Schule nichts wissen. Hatte man einmal eine Entwicklungsreihe geordnet und ihre Lücken mit entsprechend zusammenkonstruierten Formen ausgefüllt, so wollte man in dem Urtypus eine Form von genau solcher Wirklichkeit sehen, als wäre er in einer fossilienführenden Schicht der ältesten Zeit gefunden worden. Hierin zeigt sich zweifellos eine geistige Berührung mit der romantischen Naturphilosophie, die offenbar ihren Einfluß noch auf Gegenbaur ausübte, der als Denker bei den Vertretern der Hegelschen Philosophie Anerkennung fand, was recht bezeichnend für ihn ist, und der selbst deutlich seine Sympathien für romantische Ideen ausgesprochen hat. Goethes morphologische Erwägungen hatten in ihm einen warmen Bewunderer, und Goethes und Okens Theorie von der Zusammensetzung des Schädels aus Wirbeln wird von ihm mit unverhohlener Anerkennung besprochen, obschon er sie nicht aufrecht erhalten kann. Das Schlimmste an solchen Entwicklungskonstruktionen ist stets der Umstand, daß sie sich gegenüber neuen Tatsachen nicht halten können, und dieses Schicksal ist auch Gegenbaurs Lebenswerk wiederholt widerfahren. Seine Archipterygiumtheorie wurde bald von einer anderen verdrängt, die die Extremitäten nicht von den Kiemenknochen, sondern von Seitenflossen ableitet, und diese scheint heute die meisten Anhänger zu haben. Außerdem haben paläontologische Funde in der letzten Zeit ergeben, daß die ältesten Amphibientypen sieben Finger hatten und nicht fünf, wie Gegenbaur annahm. Ferner ist es jetzt klar geworden, daß die ältesten fossilen Fische knöcherne Schädel hatten, wonach die Theorie vom Knorpelschädel der Haie als Urtypus nicht länger aufrecht erhalten werden kann[1]). Auch in verschiedenen anderen Fällen hat Gegenbaur bald Recht, bald Unrecht behalten, je nachdem neue Tatsachen zutage kamen. Dennoch gelang es ihm durch seine feste Überzeugung und Willenskraft,

1) Hinsichtlich dieser Fragen weisen wir hin auf Braus, Die Entwicklung der Form der Extremitäten in O. Hertwigs Handbuch der Entwicklungslehre der Wirbeltiere, Hans Steiner, Die Entwicklung des Vogelflügelskelettes, in den Acta Zoologica, Stockholm 1922, E. Stensiö, Triassic fishes from Spitzbergen, Wien 1921, und die in diesen Werken angeführte Literatur.

einer ganzen Generation seine Gedankenrichtung aufzuzwingen. Die Abstammungsforschung wurde für die wichtigste Aufgabe der Wissenschaft erklärt und damit, wie sein hervorragendster und selbständigster Schüler Oscar Hertwig sagt, die Hypothese zur Hauptsache in der Entwicklungswissenschaft gemacht. Man muß jedoch gestehen, daß diese abstammungstheoretische Spekulation im höchsten Grade anregend auf die morphologische Forschung gewirkt hat. Von Gegenbaurs Schule sind viele Tatsachen von größter Tragweite entdeckt worden, die von eingreifender Bedeutung für die Entwicklung der Biologie gewesen sind. Und in der Tat bietet heute noch die vergleichende Anatomie genug Probleme, die der Lösung harren, und beschäftigt Forscher, die sich um sie bedeutende Verdienste erwerben. Wenn auch die rein spekulativen Fragen über die Abstammung nicht mehr in so hohem Grade, wie früher, vorherrschen, so bildet doch heute noch die Voraussetzung einer gemeinsamen Abkunft die Grundlage für alle Untersuchungen über Homologien. Jedenfalls aber hat die vergleichende Anatomie ihre Stellung als Alleinherrscherin in der Biologie verlassen müssen, und heute werden auch andere biologische Richtungen und Methoden als daseinsberechtigt ihr gleichgestellt.

Von Gegenbaurs Schülern waren die meisten natürlich aus Deutschland, aber auch aus Skandinavien, England und Rußland kamen Forscher, um in seinem Institut zu arbeiten. Unter ihnen mag als erster Max Fürbringer (1846—1920) genannt werden. Er wurde in Jena Gegenbaurs Schüler und folgte ihm als Prosektor nach Heidelberg. Nachdem er eine zeitlang Professor in Amsterdam und Jena gewesen war, wurde er der Nachfolger seines Lehrers in Heidelberg, wo er treu dessen Traditionen wahrte. Er hat auf vielen Gebieten vergleichende Untersuchungen ausgeführt. Das Exkretionsorgan der Wirbeltiere und sein Verhältnis zu dem der Anneliden und die Entwicklung des Schultergürtels sind zwei bekannte Beiträge von ihm zur vergleichenden Anatomie. Eine besondere Stellung jedoch nimmt sein nach Umfang und Inhalt monumentales Werk, „Untersuchungen zur Morphologie der Vögel“, ein. Die erste Hälfte dieses Werkes bildet eine vergleichende Untersuchung der Brust-, Schulter- und Flügelregion durch die ganze Klasse der Vögel nach dem Vorbilde von Gegenbaur. Daran schließt sich ein allgemein systematischer Teil an, in welchem auf Grund einer allseitigen vergleichenden Untersuchung von Vertretern aller Vogelfamilien ein natürliches System der Vögel aufgestellt wird. Dieses System, das jetzt allgemein angenommen ist, hat die Klasse der Vögel vollständig umgestaltet. Die alten Ordnungen wurden meist gesprengt, die Eulen z. B. in die Nähe der Nachtschwalben, die Falken und Geier dagegen in die Nähe der Sturmvögel, Reiher und Storche gestellt. Dieses Beispiel zeigt, wie eingehende anatomische Unter-

suchungen die hergebrachten Ansichten über Verwandtschaftsverhältnisse umzuwerten vermochten. Es ist ein Verdienst von Fürbringer, daß er die abstammungstheoretischen Phantasien meidet, an denen sonst jene Zeit so reich war. Er untersucht nur die existierenden Vögel, ohne sich auf Rekonstruktion von Zwischenformen und Urtypen einzulassen, und läßt das tatsächliche Beweismaterial für sich reden. Dadurch erhält seine Methode die Zuverlässigkeit, welche ihren Ergebnissen bleibenden Wert verliehen hat.

Einen weit phantasiereicheren Schüler hatte Gegenbaur in dem Holländer A. A. W. Hubrecht (1853—1915), Professor in Utrecht. In seinen jüngeren Jahren beschäftigte er sich meist mit wirbellosen Tieren, besonders mit Würmern, widmete sich aber später ganz dem Studium der Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Auf diesem Gebiete lieferte er wertvolle Beiträge, indem er auf Reisen in tropischen Gegenden das Material zu seinen Untersuchungen der Entwicklungsgeschichte einer Menge seltener und mangelhaft bekannter Tierformen sammelte. Mit diesem Material als Ausgangspunkt vertiefte er sich in Spekulationen über die Abstammung der Wirbeltiere von niederen Tierformen und stellte einige Theorien auf, die wesentlich von dem abweichen, was ältere Embryologen für unbestrittene Wahrheit hielten. Den Haien wies er, ganz im Gegensatz zu Gegenbaur, aus paläontologischen Gründen eine Sonderstellung im System an und bewies damit wieder, wie sehr neue Tatsachen neue und unvorhergesehene Stellungnahme seitens eines Forschers in Sachen der Systematik veranlaßten.

Eine Fortsetzung dieses Berichtes über Arbeiten, die von Gegenbaurs Schülern oder in seinem Sinne ausgeführt worden sind, würde Bände füllen, denn bis zum heutigen Tage war die vergleichende Anatomie zum großen Teil von seiner Methode beherrscht. Unter den Schülern, welche aus allen Ländern in Gegenbaurs Laboratorium zusammenströmten, mögen hier noch einige Namen aus nordischen Ländern ihren Platz finden: aus Schweden Wilhelm Leche (geb. 1850), aus Finnland J. A. Palmén (1845—1919) und aus Dänemark J. E. V. Boas (geb. 1855). Im folgenden sollen noch einige Schüler von Gegenbaur geschildert werden, die anfangs in seine Fußtapfen traten, später aber zum Teil mit glänzendem Erfolge eigene Wege einschlugen.

Seinen eigenen Weg ging zum Schluß auch der Mann, der Gegenbaur in seiner Glanzperiode am nächsten gestanden und lebhaft mit ihm Ansichten und Anregungen ausgetauscht hatte, nämlich Haeckel, ein Mann, der dem Darwinismus ein eigenartiges und für seine Zeit äußerst bezeichnendes Gepräge gab, der viel zu dessen Erfolge, aber vielleicht mehr noch zu dessen schlechtem Rufe beigetragen hat.

Kapitel XLII.

Haeckel und der Monismus.

Ernst Heinrich Haeckel wurde im Jahre 1834 in Potsdam geboren. Sein Vater hatte als Freiwilliger am Freiheitskriege gegen Napoleon teilgenommen und war hernach in der zivilen Beamtenlaufbahn bis zum Regierungsrat gestiegen. Die Mutter war die Tochter eines Beamten, der wegen seines Widerstandes gegen den französischen Eroberer abgesetzt und verhaftet worden war. Im Elternhause hatten sich trotz des beamtenmäßigen Zuschnittes sowohl die freisinnigen Überlieferungen vergangener Zeiten als auch die literarischen Interessen aus Deutschlands großer Dichterzeit erhalten. Der junge Ernst erhielt seine Schulbildung in einem Gymnasium, wo nach seiner eigenen Schilderung die Mathematik wegen der Philosophie und der klassischen Sprachen versäumt wurde, und noch als Erwachsener las Haeckel gern den Homeros im Original, wie er es auch stets liebte, seine Schriften mit griechischer Terminologie zu zieren. Am meisten jedoch freute ihn die Natur in Wirklichkeit, wie in der Dichtung. Er botanisierte fleißig und las neben Goethes Werken Humboldts Reisebeschreibungen und Schleidens populäre Schriften. Besonders begeisterte er sich für Schleiden und wollte durchaus nach Jena, um unter seiner Leitung Botaniker zu werden. Der Vater veranlaßte ihn jedoch in Würzburg Medizin zu studieren (1852). Zwei Jahre studierte er dort trotz seines Widerwillens gegen die ärztlichen Fachstudien mit Interesse Anatomie bei Kölliker und Pathologie bei Virchow. Darauf studierte er ein Jahr in Berlin bei J. Müller, den er für seinen eigentlichen Lehrer ansah und der ihm die Vorliebe für Meeresforschung, namentlich für das Studium der niederen Tiere, beibrachte. Nachdem er eine zeitlang Assistent bei Virchow gewesen war, reiste er auf Köllikers Rat an das Mittelmeer und sammelte bei Messina Material für sein erstes großes Werk, „Die Radiolarien", das ihm auf Gegenbaurs Verwendung im Jahre 1862 den Ruf als Professor der Zoologie nach Jena eintrug. Hier wirkte er bis 1909, nahm seinen Abschied und lebte fortan seiner Schriftstellerei, bis er im Jahre 1919 starb.

Dieser kurz angedeutete Lebenslauf gehört jedenfalls zu den bemerkenswerteren des jüngst abgeschlossenen Zeitalters. Nicht viele Personen gab es, die die menschliche Kulturentwicklung so eingreifend und auf so verschiedenen Gebieten beeinflußt haben. Sein Name war viel umstritten und er wurde bald bis in den Himmel erhoben, bald maßlos geschmäht. Und dennoch ist es in der Tat nicht leicht, das wirklich Bleibende in seiner Lebensarbeit herauszugreifen. Keine einzige große wissenschaftliche Entdeckung knüpft sich an seinen Namen, und auch

die Ideen, die er verkündete, lieh er von anderen. Die Arbeiten, die einst seinen Ruf begründeten, sind unwiderruflich veraltet, aber man muß zugeben, daß vieles in ihnen ins allgemeine Bewußtsein der Menschheit übergegangen ist. Der Entwicklungsgedanke in der von Darwin gegebenen Form fand in Haeckel seinen eifrigsten Vorkämpfer, dessen Persönlichkeit und Ideenrichtung der weiteren Ausformung dieser Theorie besonders auf dem Festlande ihr besonderes Gepräge gaben und daher wert sind, hier näher beleuchtet zu werden.

Haeckels Entwicklung in der Jugend erhellt aus zwei im Druck erschienenen Sammlungen von Briefen, von denen die einen aus Würzburg an die Eltern, die anderen an seine Braut gelegentlich seiner Reise in Italien gerichtet waren. Seine Entwicklung ist in hohem Grade typisch für die Generation, der er angehörte, und enthält gewissermaßen die Erklärung dafür, wie er einen so großen Einfluß auf seine Zeitgenossen gewinnen konnte. Der junge Haeckel in Würzburg ist keineswegs der deutsche Korpsstudent von dem gewöhnlichen Typus, sondern im Gegenteil ein sehr bescheidener Jüngling, der Duelle und Kneipgelage verabscheut, fleißig Vorlesungen und Practica besucht, zärtliche und liebevolle Briefe an seine Eltern schreibt, regelmäßig zur Kirche geht und sich in der Einsamkeit mit frommen Gedanken tröstet. Durch seinen Widerwillen gegen das medizinische Studium und seinen Hang zu unpraktischen Träumereien kann er freilich den Eltern Sorge machen, andererseits aber ist er imstande, etwas wortreich und mit altkluger Beredsamkeit seine Fehler den Eltern zu beichten und zu versprechen, daß er ihnen in Zukunft Freude bereiten werde. Besonders auffallend ist in diesen Briefen die christliche Frömmigkeit, welche so stark absticht gegen den Haß des alten Haeckel gegen das Christentum. Der Jüngling äußert sich mit großer Entrüstung über Karl Vogt und andere „Materialisten“ jener Zeit und in einer Weise die in späteren Jahren Wort für Wort auf ihn selbst gepaßt hätte. Es ist natürlich der im Elternhause herrschende Ton, der sich hier wiederholt, der altherkömmliche, ernste, sittlich-religiöse Ton eines preußischen Beamtenhauses mit literarischen und vaterländischen Überlieferungen. In Würzburg ist der junge Haeckel empört über die katholische Propaganda, die damals während der Reaktionsperiode nach 1848 mit besonderer Rücksichtslosigkeit betrieben wurde, und gleichzeitig grämt sich sein Vater über den unglücklichen politischen Zustand. In den Briefen aus Italien ist der Ton schon ein anderer. Es ist das Jahr 1859, das der Befreiung Italiens, und Haeckel schwärmt für ein einiges Deutschland und wütet gegen dessen Gegner, die Kleinstaatfürsten und preußischen Junker, welche Österreichs reaktionärer Staatskunst dienen. Sein religiöser Standpunkt ist nun ein anderer. An Stelle des Christentums ist eine allgemeine Humanitätsverehrung und Schwärmerei für

die schönen Erinnerungen des klassischen Altertums neben dem Haß gegen die kirchliche Reaktion getreten, eine für jene Zeit sehr gewöhnliche Ideenrichtung, die mehr oder weniger auch in den Werken damaliger Dichter und Schriftsteller einen beredten Ausdruck fand, z. B. bei dem gleichaltrigen Paul Heyse. Biographen behaupten, Haeckels religiöse Sinnesänderung sei unter Seelenkämpfen vor sich gegangen, aber davon merkt man wenig in seinen Briefen. Es will im Gegenteil scheinen, als wäre bei ihm, wie bei unzähligen anderen, die religiöse Freidenkerei durch die politische hervorgerufen worden, denn christlicher Glaube und politischer Freisinn ließen sich zu jener Zeit schwer miteinander vereinigen wegen der nahen Beziehungen der Kirche zu den reaktionären Kräften in der Gesellschaft und wegen ihres eigensinnigen Widerstandes gegen alle Reformbewegungen. Jedenfalls verlor er durch seine Freidenkerei jene Glaubenssicherheit, die ihn vorher gestützt hatte. Er begann auch an der Möglichkeit tieferen Eindringens in das Wesen der Naturerscheinungen zu zweifeln.

Die Richtschnur für sein Denken, die er somit verloren hatte, fand Haeckel jedoch in seiner Bekanntschaft mit dem Darwinismus wieder. Darwins Lehre war in Deutschland wie in England mit gemischten Gefühlen begrüßt worden, wovon wir im obigen Beispiele sahen. Haeckel wurde sogleich ein begeisterter Vorkämpfer der neuen Lehre, in der er nicht nur die Möglichkeit erblickte, das Dasein zu verstehen, sondern auch eine Bestätigung des Fortschrittes fand, den er im Dasein zu sehen meinte. Besonders durch seine Auslegung wurde der Darwinismus zu einem Losungswort für alle Anhänger einer freisinnigen Entwicklung auf dem Gebiete des Gesellschaft- und Kulturlebens und zu einem Ärgernis für die Gegner einer solchen — die klerikalen und konservativen Elemente in der Gesellschaft. Unterdessen aber geschah in der politischen Entwicklung Deutschlands ein unerwarteter Umschwung. Die Einigung des Landes, der alte Traum der Freisinnigen, wurde durch Bismarck verwirklicht, während aber zugleich die Macht der Fürsten und Junker erhalten blieb. So hatten sich die Freisinnigen die Sache nicht gedacht, und ihre Meinungen teilten sich. Die Mehrzahl schloß sich dem neuen Einigungswerk und seinem Leiter an, während eine kleinere Gruppe an der Forderung freisinniger politischer Reformen festhielt. Dieser letzteren Gruppe schlossen sich einige von den hervorragendsten Gelehrten Deutschlands an und unter ihnen auch Haeckel, obgleich er im kleinen Jena außerhalb jeder aktiven Politik stand. Um so eifriger arbeitete er an der Förderung der radikalen Entwicklung auf allgemein kulturellem Gebiete und hatte bald einen Anhang Gleichgesinnter, mit denen er den Kampf gegen den dogmatischen Konservatismus sowohl auf sozialem, als auch auf religiösem Gebiete aufnahm und sich dabei der Entwicklungs-

lehre des Darwinismus als Hauptwaffe bediente. Die Behörden sahen natürlich diese sozial gefärbte naturwissenschaftliche Opposition nicht gern und widersetzten sich mit aller Macht dem Eintritt neuer Opponenten in den Staatsdienst, weshalb viele von ihnen bis an ihr Ende freie Schriftsteller blieben. Haeckel selbst schützte jedoch die freisinnige Weimarer Regierung vor allen Folgen, und so konnte er, obgleich er Professor war, der Führer in diesem Kampfe sein. Es versteht sich von selbst, daß die naturwissenschaftlichen Schriften dieser Gruppe von politischen und sozialen Ideen beeinflußt waren, aber das trug nur noch mehr dazu bei, den Darwinismus populär zu machen und das Interesse für seine Probleme und Beweisführungen in weiten Kreisen zu verbreiten. Bevor wir die Rolle schildern, die Haeckel in diesem Kampfe spielte, müssen wir einen Überblick über seine Einzelforschungen gewinnen und feststellen, in welchem Maße seine allgemein wissenschaftlichen Schlußfolgerungen auf ihnen beruhen.

Haeckel begann seine wissenschaftliche Tätigkeit als Mikroskopiker. Schon in seiner Würzburger Zeit hatte er von seinem Vater ein Mikroskop erhalten und fand nicht genug Worte der Begeisterung über alles, was er damit sehen konnte. Auch seine ersten Abhandlungen betrafen mikroskopische Themata, nämlich seine Dissertation über die Gewebe des Flußkrebses und ein Aufsatz über pathologische Veränderungen der Adergeflechte, zwei Schülerabhandlungen, von denen die erste unter J. Müllers und die zweite unter Virchows Leitung entstand. Die letztgenannte ist übrigens die einzige Spezialarbeit von Haeckel aus dem Gebiete der Wirbeltiere, und beide Abhandlungen sind nach Form und Inhalt tüchtig, aber wenig originell. Sein Hervortreten als selbständiger Forscher bezeichnet die monumentale Arbeit über die Radiolarien, ohne Zweifel sein bestes Werk. Es ist dem Andenken J. Müllers gewidmet und in seinem Geiste ausgearbeitet. J. Müller war ja auch der hervorragendste Vorgänger auf diesem Gebiete. Das Werk enthält etwa anderthalb hundert neue, sorgfältig beschriebene und abgebildete Arten und außerdem ein reiches Material an Beobachtungen über ihren Bau und ihre Lebensweise. Für die damalige Zeit war es ein wertvoller Beitrag zur Frage von der Biologie der einzelligen Tiere und bestätigte durch neue Beweise die von Max Schultze festgestellte Gleichheit des Protoplasmas der höheren Tiere mit der Sarkode, wie sie Dujardin beschrieben hatte. Haeckel berichtet ferner über verschiedene zytologische Beobachtungen von großem, allgemeinem Interesse, über Strömungserscheinungen und Assimilationsvorgänge in den Pseudopodien und im Protoplasma und über die Fähigkeit der Zellen, feste Körper in sich aufzunehmen. Er beobachtete nämlich, wie die Blutkörperchen bei einem Mollusk Indigokörnchen in sich aufnahmen, die man ihm ins Blut gespritzt hatte. Diese

wichtige Entdeckung nützte jedoch Haeckel nicht aus, die, ein paar Jahrzehnte später von Metschnikoff wieder aufgenommen, die Grundlage seiner Lehre über die Phagozytose wurde. Hinsichtlich der Systematik sucht Haeckel ein natürliches, auf Verwandtschaft beruhendes System zu schaffen, und indem er, wenn auch noch vorsichtig, seinen Anschluß an Darwins Lehre verkündigt, sucht er nach einer Urform, von der die übrigen Radiolarien abzuleiten wären. Im allgemeinen jedoch stellt er sein System nach alter Weise auf.

Hernach hat Haeckel das Radiolarienwerk um zwei neue Teile vermehrt (1887—1888), in deren speziellen Teilen er wieder einige hundert Arten beschreibt und schön abbildet. Gegen diese Beschreibungen hat man geltend gemacht, daß sie sich zu sehr an das Skelett hielten, und gegen die Abbildungen, daß sie zu schematisch wären. Beide scheinen jedoch denen im ersten Teile ebenbürtig zu sein. Der allgemeine Teil des neuen Werkes ist dagegen stark durchsetzt von Haeckels unterdessen ausgereiften naturphilosophischen Spekulationen, auf die wir im folgenden zurückkommen werden.

Ein anderes Gebiet systematischer Forschung waren für Haeckel die Spongien, unter denen er namentlich die Kalkschwämme in einer im Jahre 1872 erschienenen Monographie ausführlich behandelte. In diesem Werk hat er seinen folgerichtigsten Versuch, eine rein darwinistische Systematik zu schaffen, durchgeführt, indem er ein auf Abstammung gegründetes „natürliches System" an Stelle des alten „künstlichen" aufstellt. Die Gruppe war bis dahin noch sehr wenig bearbeitet, und die von Haeckel angeführten Tatsachen waren zu seiner Zeit bedeutend, wenn sie auch von späteren Forschern beträchtlich abgeändert werden mußten. Das „natürliche" System hat dagegen seine merkwürdigen Seiten. Er teilt die Ordnung der Kalkschwämme nach der Form der Kanäle in der Körperwand der Schwämme in Familien ein, und diese Einteilung ist auch von späteren Forschern beibehalten worden. Die Einteilung in Gattungen dagegen beruht auf der Beschaffenheit der Kalknadeln des Skelettes. Diese beiden Merkmale, die Kanäle und die Kalknadeln, sind nach Haeckel die einzigen systematisch brauchbaren Strukturelemente, denn ihre Form, meint er, sei erblich, während das künstliche System die Mundbildung und die Bildung und Nichtbildung von Kolonien berücksichtigte, die auf „Anpassung" beruhten. Beweise für diese Behauptungen gibt er aber nicht, und seine Einteilung in Gattungen auf Grund nur eines Merkmales erscheint durchaus künstlich, zumal er nicht einmal den Versuch einer morphologischen Nachprüfung macht. Sein System hat jedoch ein besonderes Interesse als ein Versuch, sich vom Linnéschen System ganz und gar unabhängig zu machen. Die bisher benutzten Namen werden ganz beseitigt. An Stelle der Gattung

tritt die Bezeichnung „generische Varietät", und außerdem wird von „spezifischen, konnexiven und transitorischen Varietäten", oder „beginnenden, verbindenden und Übergangsarten" geredet. Anerkennen muß man die Folgerichtigkeit in diesem Versuch vom Linnéanismus loszukommen, der ja ganz auf der Unveränderlichkeit der Arten beruht; wird diese nicht mehr anerkannt, so sollte eigentlich ein ganz neues System mit einem anderen Artbegriff aufgestellt werden. Haeckels System erwies sich jedoch als mißglückt und gewann nicht den Beifall neuerer Systematiker, und Haeckel selbst benutzte in seinen späteren systematischen Werken ebenfalls die altbewährten Begriffe der Gattung und Art.

Ein drittes Gebiet, auf dem sich Haeckel als Systematiker betätigte, waren die Medusen. Auch hier hat er seine Ergebnisse in einer Monographie von gewaltigem Umfang, „Das System der Medusen"(1879), zusammengefaßt, die eine große Anzahl neubeschriebener Formen und eine teilweise wertvolle systematische Einteilung enthält. Besonders die hier aufgestellten beiden Hauptgruppen, die Craspedota und die Acraspeda. sind von den Systematikern beibehalten worden. Dagegen haben in den Artdiagnosen schwere Irrtümer nachgewiesen werden können, wie überhaupt Haeckel einen weit schärferen Blick für die Umgrenzung großer systematischer Gruppen als für Gattungen und Arten zeigt. Sorgfältige Erforschung von Einzelheiten ist nie seine starke Seite gewesen.

Noch eine Gruppe von Lebensformen, die Haeckel beschäftigt und ihn vielleicht mehr als alle anderen interessiert hat, ist die von ihm selbst geschaffene Ordnung der Moneren. Zu dieser rechnet er einzellige kernlose Organismen, die also eine homogene Masse darstellen. Er hat eine große Anzahl solcher, im allgemeinen amöboider Organismen beschrieben, die in vielen Fällen ihren systematischen Wert behalten haben. Dagegen hat die verbesserte mikroskopische Technik unserer Zeit in den meisten von ihnen Kernsubstanz entdeckt, entweder in der Form eines einzigen Kernes oder kleiner zerstreuter Partikeln, und die Biologie von heute setzt erfahrungsgemäß die Kernsubstanz als einen notwendigen Bestandteil jeder lebenskräftigen Zelle auch dort voraus, wo sie wegen feiner Verteilung oder Unklarheit des Zellinhaltes noch nicht festgestellt werden konte. Haeckel dagegen glaubte hartnäckig an seine kernlosen Moneren, deren Dasein er für die notwendige Voraussetzung der von ihm angenommenen Urzeugung ansah, die für ihn „ein logisches Postulat der philosophischen Naturwissenschaft" war. Hiermit kommen wir in das Bereich von Haeckels naturphilosophischen Spekulationen, die weit mehr als seine Spezialforschung seinen Ruhm in gutem und bösem Sinne begründet haben.

Seinen Anschluß an den Darwinismus erklärte Haeckel, wie gesagt, in seinem Radiolarienwerk. Im Jahre 1863 hielt er auf einer Naturforscher-

versammlung einen Vortrag über Darwins Lehre, der von wesentlicher Bedeutung für den Fortschritt derselben in Deutschland war. Der Vortrag enthielt eigentlich einen kurzen Auszug aus Darwins „Origin of species", der Lehre von der Zuchtwahl und dem Kampf ums Dasein. Die Begründung ist im wesentlichen Darwins eigene aus der Haustierforschung, der Tiergeographie und Paläontologie geschöpfte, aber auffallend sind die Schlußfolgerungen, die Haeckel in bezug auf die Abstammung des Menschen zieht. Sie deuteten an, ein wie großes Interesse Haeckel dieser Frage entgegenbrachte und erregten großes Aufsehen. Noch zwei andere Punkte in diesem Vortrag sind für Haeckels Gedankengang bezeichnend, erstens der politische Radikalismus, der ihn veranlaßte, den Fortschritt ein Naturgesetz zu nennen, das keine menschliche Macht, weder die Waffen von Tyrannen, noch die Flüche der Priester, jemals dauernd unterdrücken könnten (diese Worte fielen gerade, als der Streit zwischen Bismarck und seinen liberalen Gegnern am heftigsten tobte), und zweitens die Vorliebe für romantische Naturphilosophie, die ihn Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire und Oken als tief denkende Männer mit prophetischem Gedankenflug und Vorläufer von Darwins „philosophischer Entwicklungstheorie" rühmen läßt. Aus diesen drei Elementen, Darwins Entwicklungslehre, politischem Radikalismus und romantischer Naturphilosphie, setzt sich in der Folge Haeckels Lehre zusammen, gleichviel, ob es sich um „generelle Morphologie", „Welträtsel" oder „Kunstformen der Natur" handelt. Die Lehre von der natürlichen Zuchtwahl bildet die Grundlage, um deren Um- und Anbauten er sich niemals kümmert, so sehr auch die Wissenschaft fortschreiten mag. Der politische Radikalismus äußert sich in einem unsinnigen Haß gegen Geistlichkeit und Christentum, aber auch, wenn auch weniger oft hervortretend, gegen Übergriffe der Staatsmacht. Der Einfluß der romantischen Naturphilosophie zeigt sich am deutlichsten in seiner völligen Unfähigkeit, die Relativität und Beschränktheit der menschlichen Erkenntnis zu begreifen, auf die unter anderen Herbert Spencer so nachdrücklich und wiederholt hingewiesen hat. Haeckels Art und Weise, wie er immerfort „Welträtsel" löst, erinnert weit mehr an Schelling, als an die positivistische Denkrichtung seiner eigenen Zeit. Auch sein übermütig sicheres Auftreten und seine scheltende Polemik erinnern eher an gewisse Vorbilder unter den Romantikern, als an das Benehmen exakter Forscher. Durch Haeckel hat also die romantische Naturphilosophie einen Doppelgänger im Zeitalter der exakten Wissenschaft erhalten.

Seinen großen Kampf für die „philosophische Naturforschung" kämpfte Haeckel mittels seiner im Jahre 1866 erschienenen „Generellen Morphologie der Organismen" mit dem Untertitel „Kritische Grundzüge der mechanischen Wissenschaft von den entwickelten Formen der Orga-

nismen, begründet durch die Deszendenztheorie". Der erste Teil des Werkes ist Gegenbaur gewidmet, dem Freunde, mit dem er während der Arbeit in ständigem Gedankenaustausch stand und dessen Anregungen ihm dabei vielfach von Nutzen waren. Der zweite Teil ist Darwin, Goethe und Lamarck zugeeignet, „den denkenden Naturforschern, den Begründern der Deszendenztheorie". Da sich Haeckel später unaufhörlich auf dieses Trio beruft, kann es von Interesse sein, dasselbe näher in Augenschein zu nehmen. Lamarck und Darwin können gewiß beide als Begründer der Deszendenztheorie angesehen werden, wenn auch Darwin Lamarcks Naturerklärung bestimmt zurückweist, mit dessen materialistischer Spekulation er wenig Berührung hat. Aber die Idee, daß Goethe ein Vorläufer einer „mechanischen Wissenschaft von den Organismen" gewesen sei, fordert unbedingt eine Erklärung, denn von seinen Zeitgenossen ist der große Dichter wohl ausnahmslos für einen idealistischen Naturphilosophen angesehen worden. Die Biologen, welche ihm huldigten, taten es unter dieser Voraussetzung, und er selbst führte „geistige Kräfte" als Ursache der Entstehung und Veränderungen der Lebensformen an, und äußerte auch sonst ausgeprägt spiritualistische Ansichten. Woher also Haeckels Behauptung des Gegenteils? Die Ursache ist wohl teils in Haeckels eigener naturphilosophischer Veranlagung zu suchen, infolge deren er nie eigentlich den „Mechanismus" im Dasein ernst nehmen konnte, teils in Goethes Stellung im Kulturleben jener Zeit. Goethes Einsatz als Dichter und Kulturfaktor, der in reichem Maße auch in Haeckels Heim und Umgebung bewundert und von niemand geleugnet wurde, außer von hochorthodoxen Autoritäten der Kirche, die in seiner Dichtkunst Freidenkertum und Libertinismus witterten, erhöhte die Vorliebe für den in Wahrheit recht konservativen Dichter und Minister auch bei den Liberalen. Und liberale Opposition gehörte nun einmal zu den Leitmotiven in Haeckels Denken.

Sogar die Wahl des Stoffes und des durch ihn bedingten Titels für die „generelle Morphologie" ist wohl auch direkt auf Goethe zurückzuführen, der ja dieses Wort erfunden hat und von dem sicher auch die in dem genannten Buche entwickelte philosophische Auffassung der Morphologie herrührt. Denn Haeckel war kein eigentlicher Morphologe im modernen Sinne. Er hatte ja bis dahin so gut wie ausschließlich an der Systematik einzelliger Tiere gearbeitet, und über vergleichende Anatomie höherer Tiere, namentlich der Säugetiere, hat er nie Einzeluntersuchungen ausgeführt, wenigstens keine, deren Ergebnisse veröffentlicht wurden. Daß er trotzdem seine theoretische Spekulation nicht, wie Darwin selbst tat, auf die Systematik gründete, beruhte gewiß, wie gesagt, auf seiner Bewunderung für Goethe, zum Teil aber auch zweifellos auf dem Ein-

fluß seines Freundes Gegenbaur, von dem fraglos die besten tatsächlichen Beiträge herrühren. Aber spekulativ veranlagte Forscher, die mit Kenntnissen aus zweiter Hand operieren, erliegen leicht der Versuchung, der Phantasie vor der Kritik den Vorzug zu geben, was wir in so hohem Grade bei Haeckel bestätigt finden.

Die „generelle Morphologie" beginnt mit einem Kapitel über das Verhältnis der Morphologie zu anderen Wissenschaften, in dem zuerst die Behauptung aufgestellt wird, daß jedes Naturobjekt drei Qualitäten besäße, die Materie, die Form und die Kraft oder Funktion. Daraufhin wird die Naturwissenschaft in drei Lehrzweige eingeteilt, die Chemie oder „Stofflehre", die Morphologie und die Physik oder „Kraftlehre". Alsdann wird die Wissenschaft von der anorganischen Natur in Mineralogie, Hydrologie und Meteorologie und die Biologie in Zoologie, Protistologie und Botanik eingeteilt. Demnach sehen wir hier vier Triaden, die alle höchst unmotiviert sind, und man könnte glauben, daß Schellings romantisch mystische Dreizahl hier, natürlich auf Umwegen und unbeabsichtigt, ihr Wesen treibe. Die Einteilung in Pflanzen, Tiere und Protisten ist begreiflicherweise ganz verfehlt und hat auch keinen Anklang gefunden, denn an Stelle einer verschwommenen Grenzlinie zwischen Pflanzen und Tieren hätte man hier ihrer zwei. Die Ziele und Mittel der Morphologie werden darauf folgendermaßen geschildert. Das Ziel ist eine mechanisch-kausale Erklärung der Formen und Phänomene des Lebens, und mittels dieser soll eine „monistische" Weltanschauung durchgeführt werden können, welche, wie behauptet wird, schon in den übrigen Naturwissenschaften angenommen wäre, aber in der Biologie einstweilen durch eine „vitalistische" und „dualistische" ersetzt würde, deren Verwerflichkeit in grellen Farben geschildert wird. Als Mittel zur Erlangung dieser monistischen Naturerklärung wird ein „philosophisches Denken" angegeben, mit dessen Hilfe die Tatsachen gedeutet werden müßten, während das blose Beobachten von Naturerscheinungen tief verachtet wird. In der Tat ist dieses Philosophieren Haeckels große Schwäche, die ihn mit der Zeit aller exakten Forschung entfremdet. Die Forderung einer Deutung der Lebenserscheinungen gemäß rein mechanischer Gesetze ist an sich vollkommen berechtigt, und diesen Weg hatte die Physiologie schon vor Haeckels Zeit eingeschlagen. Er war daher durchaus berechtigt zu verlangen, daß auch die übrigen Zweige der Biologie dem Beispiel folgten, aber Haeckels großer Fehler lag darin, daß er die beschränkte Leistungsfähigkeit der mechanischen Naturerklärung nie begreifen und erkennen wollte. Freilich gibt er an einer Stelle zu (S. 105), daß das menschliche Erkenntnisvermögen Grenzen habe, daß wir die letzten Ursachen einer Erscheinung nie ergründen könnten und daß die Entstehung eines Kri-

stalls in dieser Hinsicht ebenso unerklärlich sei wie die Entstehung eines Organismus. Er denkt aber keinen Augenblick daran, daß der Naturphilosoph unter solchen Umständen bestrebt sein müßte, diese Grenzen festzustellen und darauf zu achten, daß sie nicht überschritten würden. Denn bald nach jenem Zugeständnis behauptet er mit voller Überzeugung, es gäbe keinen wesentlichen Unterschied zwischen Lebendem und Leblosem, und kommt nach einem eingehenden Vergleich zu dem Schluß, daß der Kristall und die lebende Zelle in jeder Hinsicht miteinander verglichen werden könnten, sowohl bezüglich der physikalischen und chemischen Zusammensetzung, als auch im Hinblick auf Wachstum und Individualität. Die durch das begrenzte Erkenntnisvermögen gebotene Einschränkung ist also schon vergessen. Die Erinnerung hieran kehrt zwar gelegentlich wieder, aber es herrscht im allgemeinen ein blinder Glaube an die Möglichkeit, mittels der „mechanischen Kausalität" alles Erdenkliche zu erklären.

Der Grund für Haeckels Überzeugung von der unbegrenzt möglichen mechanischen Naturerklärung liegt in erster Linie in Darwins Lehre. Seine Begeisterung für diese kennt absolut keine Grenzen, und er versichert einmal ganz unumwunden, daß dank dem Darwinismus nun keine Tatsache mehr im Bereiche des organischen Lebens unerklärlich wäre, obwohl mehrere unerklärt seien. Diese Begeisterung hatte ja auch die ganze Generation ergriffen, der Haeckel angehörte, und im vorhergehenden sahen wir, was für Erwartungen die Selektionslehre bei ihrem Auftreten erweckte. Daß diese bei Haeckel eine so überschwängliche Höhe erreichten, beruhte natürlich auf seinem lebhaften Temperament, in welchem Enthusiasmus, naive Selbstzufriedenheit und blinder Glaube an die Richtigkeit der eigenen Ansichten von Jugend auf vorherrschend waren. Übrigens unternimmt er es, die Selektionslehre in gewisser Hinsicht abzuändern, indem er den Begriff des Kampfes ums Dasein schärfer umgrenzen will. Er schlägt vor, alle Momente auszuschließen, die zur umgebenden Natur gehören, und nur den Wettstreit mit anderen Lebewesen in Erwägung zu ziehen. Dabei hebt er auch das Vorkommen eines Wettbewerbes innerhalb des Individuums, d. h. zwischen dessen einzelnen Teilen, hervor und wendet also in einer Weise die Korrelationstheorie auf den Darwinismus an, die hernach von anderen in gewisser Hinsicht weiter entwickelt wurde. Schließlich betont Haeckel weit stärker als Darwin die Umbildung des Individuums durch äußere Verhältnisse und die Vererbung auf diese Weise hervorgerufener Veränderungen. Er definiert die Entwicklung als ein Zusammenwirken von „innerem Bildungstrieb", der Vererbung, und „äußerem Bildungstrieb", der Einwirkung äußerer Umstände. Diese sehr naturphilosophisch und durchaus nicht mechanistisch klingenden Ausdrücke hat Haeckel, wie er

selbst angibt, der „Pflanzenmetamorphose“ von Goethe entnommen, von der er meint, sie stelle den Darwinismus in nuce dar und sei immer noch die Grundlage der Pflanzenmorphologie. Diese Ansicht, welche damals nur noch von wenigen überlebten Anhängern der Naturphilosophie geteilt wurde, wird auf Grund von Haeckels Autorität noch bis heute von Literaturhistorikern und anderen Nichtfachmännern aufgetischt. Im übrigen sieht sich Haeckel durch den Darwinismus veranlaßt, eine unendliche Menge neuer Begriffsbestimmungen mit den zugehörigen Fachausdrücken zu schaffen. Haeckel übertrifft nämlich beinahe Linné in seinem Eifer, zu klassifizieren und zu benennen, aber ihm fehlt der geniale Formensinn des großen Systematikers, und die meisten von seinen Kategorien und Fachausdrücken haben ihren Urheber nicht überlebt, wenn auch ein Teil von ihnen angenommen worden ist, z. B. das Wort Ontogenie zur Bezeichnung der individuellen und das Wort Phylogenie zur Bezeichnung der Stammesentwicklung, ferner der Ausdruck Ökologie für das Verhältnis der Lebewesen zu der äußeren Umgebung. Ganz absurd dagegen ist seine „promorphologische“ Einteilung der Lebensformen nach Symmmetrieebenen, um dadurch noch mehr die von ihm behauptete Ähnlichkeit zwischen dem Bau der Kristalle und Organismen zu veranschaulichen. Die Einzelheiten dieses Systems. das übrigens von einer sehr oberflächlichen Kenntnis der kristallographischen Grundbegriffe Zeugnis ablegt, können mit Okens wildesten Phantasien verglichen werden. Infusorien, Pollenkörner, Korallen, Blütenstände werden umschichtig als Beispiele vorgeblicher Kristallsymmetrieformen angeführt. Mehr Glück hatte Haeckel mit seinem natürlichen System der Organismen, das er den obigen Spekulationen folgen läßt und bei dem zum ersten Male die hernach so oft angewendete Methode der graphischen Darstellung der durch gemeinsame Abkunft erklärten gegenseitigen Ähnlichkeit der verschiedenen Lebensformen in Gestalt von Stammbäumen zur Anwendung kommt. Freilich hat Haeckel viel Spott für seine Stammbäume geerntet, die in der Tat eine genauere Prüfung im einzelnen nicht gut vertragen, aber zweifellos ist die Methode an sich ein gutes Hilfsmittel bei Arbeiten über das natürliche System geworden, und es genügt an ihre Anwendung durch Fürbringer in seinem großen Werk über die Vögel zu erinnern. Hier wie in vieler anderen Hinsicht hat Haeckel weckend und anspornend auf die Forschung der nächsten Zeit gewirkt.

Der Stammbaum, der hier, wie auch später, Haeckel am meisten interessiert, ist der des Menschen. Haeckel legt schon hier seine Ansichten dar, die er später weiter ausführte. Vom Menschen geht er über auf das Weltall und Gott und überrascht den Leser mit der Behauptung, daß keine Materie ohne Geist und kein Geist ohne Materie denkbar sei. Es ist nicht leicht zu verstehen, wie diese Idee mit seiner früheren Erklärung, daß

jede Naturerscheinung, gleichviel ob lebend oder unbelebt, mechanisch erklärt werden könne und müsse, in Einklang zu bringen ist, denn seit Galileis Zeiten sind ja alle Geister aus der Mechanik verbannt. Haeckel bedient sich übrigens seiner Geist-Materie, um eine Einheit aus Gott und Natur zu schaffen, den wahren Monismus, der eine wahre Gottesverehrung zulasse. Es ist gewiß wieder Goethe, von dem diese pantheistischen Schwärmereien herstammen, und somit hat schon in diesem ersten naturphilosphischen Werke Haeckels der romantische Idealismus das letzte Wort.

Die „Generelle Morphologie", die nach Haeckels eigener Ansicht das hervorragendste von seinen spekulativen Werken ist, hatte geringen Erfolg und erlebte nur eine Auflage. Darwin war freilich einverstanden, obschon er den gehässigen Ton des Buches milde rügte, aber die deutschen Biologen waren empört über die naturphilosophischen Abenteuerlichkeiten, die dilettantenhafte Behandlung der Einzelheiten und die scheltende Sprache. Nach einigen Jahren des Schweigens nahm jedoch Haeckel seine naturphilosophische Tätigkeit wieder auf, diesmal aber in populärer Form, und nun hatte er mit seinen beiden Vorlesungsserien „Natürliche Schöpfungsgeschichte" (1868) und „Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen " (1874), großen Erfolg. Besonders die erstgenannte Arbeit wurde ungeheuer populär, und in viele Sprachen übersetzt war sie vielleicht die Quelle, aus der die Menschheit am meisten ihr Wissen über den Darwinismus schöpfte. Sie wiederholt die Ideen und Beweisgründe der „Generellen Morphologie", aber in leichtfaßlicher Form und mit Ausschluß der weitläufigen Spekulationen über die Symmetrie. Statt dessen wird besonders die Abstammung des Menschen hervorgehoben, die Haeckel von Anfang an und immerdar für den Mittelpunkt der Entwicklungslehre und jeder Wissenschaft überhaupt ansah. Diese Frage bildet auch, wie der Titel angibt, den Stoff seiner „Anthropogenie", eines Werkes von weit größerer Bedeutung als die „Schöpfungsgeschichte", dem Haeckel seine geistreichsten und bedeutendsten Ideen einverleibte, durch die er am stärksten an der Entwicklung der Biologie mitgeschafft hat. Der Zweck der Arbeit ist, eine allseitige Darstellung der Herkunft des Menschen zu geben, gegründet auf morphologisches, embryologisches und paläontologisches Beweismaterial. Als Ausgangspunkt benutzt Haeckel hier endgültig sein bekanntes „Biogenetisches Grundgesetz", nach welchem sowohl der Mensch als auch jedes andere lebende Wesen in seiner Ontogenie seine Phylogenie wiederholt, „die Ontogenie ist eine abgekürzte Rekapitulation der Phylogenie". Diese Idee ist an und für sich nicht neu. Sie wurde, wie wir sahen, schon von Meckel ausgesprochen, und Darwin wies ihr einen hervorragenden Platz an, wenn er sie auch in seinem Werke „Origin of species" recht

summarisch formuliert. Darauf wurde sie von Fritz Müller (1821—1897), einem der eigentümlichsten Vertreter der Biologie im vorigen Jahrhundert, aufgenommen und weiter ausgearbeitet.

In Deutschland geboren, studierte Fritz Müller Medizin und hörte unter anderem J. Müller, wanderte aber hernach nach Brasilien aus, wo er den Rest seines Lebens unter allerlei Beschäftigungen und Lebensschicksalen verbrachte. Auch er wurde sofort für Darwins Lehre gewonnen und beschloß sie durch Anwendung auf eine geeignete Tiergruppe im einzelnen zu beweisen. Er wählte dazu die Crustaceen, die in seinem neuen Heimatlande in reicher Formenzahl vorkommen, und interessierte sich besonders für die verschiedenen Entwicklungstypen, die bei nahe verwandten Formen innerhalb dieser Klasse vorkommen. Der Flußkrebs z. B. verläßt das Ei in einer Form, die den Eltern gleicht, die Krabben haben eine oder zwei Larvenformen, die Garneelen sogar mehrere, ein Naupliusstadium, das den Larven der niedersten Krebstiere gleicht, ein Zoeastadium, gleich dem der Krabben, und ein Mysisstadium, das den erwachsenen Spaltfüßern ähnlich ist. Verschiedene andere Krebstiere haben auch eigentümliche Metamorphosen, besonders die wunderlich umgeformten parasitischen Krebse, deren Jugendstadien freilebenden Krebstieren gleichen. Alle diese Tatsachen, namentlich aber der Umstand, daß gewisse Larven höherer Crustaceen erwachsenen Individuen niederer gleichen, erweckte in Fritz Müller die Überzeugung, daß die Entwicklung des Individuums eine „historische Urkunde" wäre, die bisweilen dadurch verwischt werde, daß die Entwicklung einen geraderen Weg vom Ei bis zum Erwachsenen einschlage, bisweilen aber auch „gefälscht" durch den Kampf ums Dasein, den die frei lebende Larve bestehen müsse. Einen Fall, wie die Entwicklung der Garneele, hält er für typisch. Die Vorfahren der Garneele hatten in vergangenen Zeiten die Gestalt, welche nun ihre Larven haben, und zwar in derselben Reihenfolge wechselnd, wie jetzt ihre verschiedenen Larven aufeinander folgen. Die Geschichte des Flußkrebses wurde verwischt, und bei einigen anderen Crustaceen kam neues hinzu.

Diese Theorie, welche Fritz Müller im Jahre 1864 in einer Schrift „Für Darwin" veröffentlichte, erregte Haeckels Entzücken. Er sah in ihr ein Grundgesetz für die Entstehung des Lebens, die stärkste Stütze der Abstammungslehre und ein schwerwiegendes Beweismaterial im Kampf für die Lehre von der „natürlichen Erschaffung" des Menschen. Also auf die Entwicklungsgeschichte des Menschen suchte er in erster Linie jene Lehre anzuwenden und behandelt in seiner „Anthropogenie", wie früher schon in der „Natürlichen Schöpfungsgeschichte", die Embryonalentwicklung des Menschen vom Ei bis zur Geburt, um Beweise für diesen Abstammungs- und Verwandtschaftsverhältnisse zu sammeln.

Ein Spezialforscher auf dem Gebiete der Embryologie ist Haeckel nie gewesen, und ihre Einzelheiten interessierten ihn weniger an und für sich, als nur um als Beweismaterial in der Frage der Abstammung des Menschen zu dienen. Seine Darstellung der Embryologie mußte unter solchen Verhältnissen einseitig und lückenhaft ausfallen, und die Embryologen vom Fach erhoben ernste Einwände, die er entweder übersah, oder mit persönlichen Ausfällen beantwortete. Die Einwände galten besonders seinen Abbildungen, die er entgegen dem geltenden Brauche so gut wie nie aus Einzeldarstellungen entlieh, sondern selbst zeichnete. Und da die Abbildungen ausschließlich dazu bestimmt waren, eine einzige Behauptung zu beweisen, waren sie natürlich in hohem Grade schematisch und ohne eine Spur von wissenschaftlichem Wert, bisweilen sogar bis zu dem Grade von den tatsächlichen Verhältnissen abweichend, daß sie ihn Beschuldigungen der bewußten Fälschung aussetzten, die man jedoch bei genauerer Kenntnis seines Charakters ohne weiteres zurückweisen kann[1]).

Zwei besonders bemerkenswerte Einzelheiten in Haeckels Lehre vom biogenetischen Grundgesetz sind die Theorie der Keimblätter und die Gastraeatheorie. Die Untersuchungen über die embryonalen Keimschichten oder Keimblätter, welche von Pander, K. E. von Baer, Remak u. a. ausgeführt wurden, haben wir bereits geschildert, und ebenso auch Huxleys Vergleich der Haut- und Darmschicht der Medusen mit den Keimschichten bei den höheren Tieren. Außer diesen Tatsachen verfügte Haeckel als Ausgangsmaterial über seine eigenen Untersuchungen über die Kalkschwämme, deren Embryonalentwicklung er selbst studiert hatte. Auf alles dieses gründet er nun eine Theorie von der Entstehung der Tiere und besonders des Menschen. Da der Mensch sich aus einer Zelle, dem Ei, entwickelt, so muß vor Zeiten auch die Stammform, aus der sich das Menschengeschlecht entwickelte, ein einzelliges Tier gewesen sein. Aus der Eizelle entwickelt sich durch Teilung ein Zellenhäufchen, und dieses Stadium, das gewissen Zellkolonien, z. B. Volvox, glich, haben die Urformen der Tiere und des Menschen durchlebt. Aus dem einfachen Zellenhäufchen entwickelt sich bei den Spongien durch Einstülpung ein Entwicklungsstadium mit doppelter Wand, eine Gastrula, die der einfachsten Form eines Tieres mit Darmkanal entspricht. Auch ein solches

---

1) Es ist allerdings schwer zu begreifen, wie er sich in seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“, Aufl. I, S. 242, den Fehler konnte zu Schulden kommen lassen, daß er mit demselben Klischee drei verschiedene Dinge, nämlich das Ei des Menschen, des Affen und des Hundes abbildete. Die Torheit wurde in den folgenden Auflagen beseitigt, jedoch nicht ohne daß Haeckel mit Schmähungen diejenigen belohnt hatte, welche den Unsinn, der natürlich späterhin für Haeckels Feinde eine willkommene Angriffswaffe wurde, aufgedeckt hatten.

Stadium mußte die Stammform der höheren Tiere durchleben. Diese Stammform aller höheren Tiere wird demnach Gastraea genannt. Von jeder der beiden Wände der Gastrula spaltet sich durch Zellteilung eine neue Schicht ab. Diese beiden sekundären Schichten vereinigen sich und bilden das Mesoderm, aus dem sich die Muskulatur und verschiedene andere Organe der höheren Tiere entwickeln. Auch diesen Prozeß hat vor Zeiten die Urform der höheren Tiere durchlaufen, und deshalb sind eben alle diese drei Schichten und ihre Derivate im ganzen Tierreiche homolog.

Diese Entwicklungstheorie ist zweifellos Haeckels genialster und bedeutungsvollster Einsatz in der Entwicklung der Biologie, und mit Recht sagt O. Hertwig, daß die biologische Literatur während 50 Jahren unter dem Einfluß dieser Auffassung gestanden hat. Das reiche Tatsachenmaterial, das in dieser Zeit auf dem Gebiete der Embryologie gesammelt wurde, war in den meisten Fällen bestimmt, das biogenetische Grundgesetz, oder die Rekapitulationstheorie, wie sie auch genannt wird, zu stützen, und man versuchte diese Theorie auf alle Einzelheiten der Embryologie anzuwenden, wenn auch diese Anwendung oft recht schwierig war. Schon anfangs wußte Haeckel, daß sich das Gatrulastadium der Säugetiere nicht durch Einstülpung bildet, wie es die Theorie verlangt, sondern durch Delamination oder Abspaltung, aber er tröstete sich damit, daß beim Lanzettfischchen eine regelrechte Einstülpung stattfindet, und leitet von diesem primitiven Tier die Säugetiere ab, indem er behauptet, ihre Gastrulaform beruhe auf einer späteren Anpassung, also auf „Urkundenfälschung“, wie Fritz Müller sich ausdrückt. Auch eine Menge anderer Tatsachen ähnlicher Art wird nach derselben Methode erklärt. Als aber der Embryologe His den Versuch machte, den ganzen Entwicklungsverlauf rein mechanisch zu erklären, wurde Haeckel empört und antwortete mit einem Hagel von Schmähungen, ganz vergessend, daß er selbst zu einer mechanischen Erklärung der Natur aufgefordert hatte. In der Tat hat aber diese mechanische, oder mit anderen Worten physiologische Seite der Keimentwicklung ihre große Bedeutung, die Haeckel in seinem Eifer, die natürliche Schöpfungsgeschichte zu ermitteln, ganz übersah, die aber in späterer Zeit desto mehr Beachtung gefunden hat. Auch abgesehen hiervon hat der Zahn der Zeit Haeckels ontogenetische Theorien hart mitgenommen. Die Gastrulabildung durch Einstülpung hat sich als weit weniger verbreitet erwiesen, als Haeckel annahm — sie fehlt z. B. bei den meisten Coelenteraten —, und die weitgehende Homologisierung der Keimschichten ist im höchsten Grade eingeschränkt worden, da ein und dasselbe Organ bei verschiedenen Tierformen in sehr vielen Fällen, wie man festgestellt hat, ganz verschiedenen Urpsrunges sein kann. Besonders die Mesoderm-

bildung ist heutzutage in eine Anzahl verschiedenartiger Prozesse zerlegt worden. Ja das ganze „biogenetische Grundgesetz“ ist in unseren Tagen sogar als Hypothese stark ins Schwanken geraten. Im Pflanzenreiche hat es sich nie bewährt, was für eine Theorie, die als eine allgemeine Lebenserklärung gelten will, schon bedenklich genug ist, aber auch die Zoologen, welche an der Rekapitulationstheorie festhalten, tun es mit wesentlichen Einschränkungen, die durch die Ergebnisse der modernen Vererbungsforschung und Experimentalbiologie bedingt sind. Man identifiziert nicht mehr, wie zu Haeckels Zeit, ohne weiteres Ähnlichkeit und Verwandtschaft; denn nachweislich kann Ähnlichkeit durch sehr verschiedene Ursachen entstehen, und man zieht es heutzutage vor, mit His nach den mechanischen Bedingungen zu forschen, unter denen sich die Formen bilden, anstatt in ihnen Abbilder des Tierlebens vergangener Zeiten zu sehen. Aber diese Erwägungen sollen nicht eine Unterschätzung von Haeckels Einfluß auf die Entwicklung der Biologie zur Folge haben, denn seine Theorie war es, die das Interesse für solche Erscheinungen wachrief, deren Erforschung einen mächtigen Aufschwung dieses Zweiges der Naturwissenschaft bis in unsere Tage bedeutete. Im Anschluß hieran mag an die Worte K. E. von Baers erinnert werden: „ — — irrige, aber bestimmt ausgesprochene allgemeine Resultate haben durch die Berichtigung, die sie veranlassen, und die schärfere Beobachtung, zu der sie nötigen, der Wissenschaft fast immer mehr genützt als vorsichtiges Zurückhalten in dieser Sphäre.“ Gerade auf diesem Gebiete hat Haeckel seine Wissenschaft am meisten gefördert, hier finden wir seinen größten und historisch wertvollsten Einsatz. Damit hat er aber auch alles gegeben, was er zu geben hatte, denn die Jahrzehnte, die er nachher noch lebte, haben nichts zu seinem Ruhm hinzugefügt, sondern demselben recht viel Abbruch getan.

Schon in der „Anthropogenie“ zeigt sich, daß Haeckels Neigung zu unklaren und gedankenlosen Spekulationen bedenklich zunahm. Freilich redete er noch von mechanischer Naturerklärung, aber diese wird mehr und mehr ein leeres Wort, während die geistigen Eigenschaften der Materie in hohem Grade in den Vordergrund treten. Kraft und Seele werden von nun an stets identifiziert, und mit dem Kraftbegriff wird überhaupt in einer Weise operiert, die von einer völligen Mißachtung der einfachsten Grundlehren der Physik zeugt. Noch schlimmer wurde es, als im Jahre 1875 eine Abhandlung unter dem Titel „Die Perigenesis der Plastidule“ erschien, deren naturphilosophische Verworrenheit schwer in Kürze wiedergegeben werden kann. Der Titel soll bedeuten die „Wellenerzeugung der Lebensteilchen“, und erklärt werden sollen dieselben Phänomene, die Darwin durch seine Pangenesistheorie dem Verständnis näher bringen wollte, nämlich die Vererbung und die Anpassung. Die

Pangenesislehre befriedigt Haeckel nicht, der stattdessen die Vererbung durch eine Analyse der lebenden Moleküle oder Plastidule, wie er sie nennt, erklären will. Das Leben beruht auf der Atomstruktur dieser, und „jedes Atom besitzt eine inhärente Summe von Kraft und ist in diesem Sinne beseelt". Kraft und Seele werden also aufs neue identifiziert, und nachdem dieses geschehen, finden sich weiter keine Schwierigkeiten mehr. Die Fortpflanzung erklärt Haeckel mit der alten Definition, Wachstum über das Maß des Individuums hinaus. Vererbung ist die Überführung der Plastidulbewegung und Anpassung Änderung dieser Bewegung. Dieses klingt ja recht mechanisch, aber wenige Seiten weiter stoßen wir plötzlich auf eine neue Definition: „Die Erblichkeit ist das Gedächtnis der Plastidule, die Variabilität ist die Fassungskraft der Plastidule." Und noch weiter erfahren wir, daß das „Gedächtnis" wieder mal eine übergeführte Bewegung sei. Diese Phantasien nach naturwissenschaftlichem Maß zu messen ist natürlich überflüssig. Haeckel gesteht selbst, die Idee vom Gedächtnis der Atome aus Goethes bekanntem Roman „Die Wahlverwandtschaften" geschöpft zu haben, und wie ein Roman wirkt die ganze Plastidulentheorie. Mit ihr begab sich Haeckel ganz in die Gewalt der romantischen Naturphilosophie und verblieb in ihr bis zu seinem Ende. Diese Erscheinung könnte als eine nur psychologisches Interesse einflößende Angelegenheit mit einem Hinweis auf Haeckels ästhetische Veranlagung beiseite gelegt werden. Denn er war in der Tat bis zu einem gewissen Grade Künstler, talentvoller Dilettant in der Aquarellmalerei und voll Interesse für das Schöne in Kunst und Natur. Man könnte auch darauf hinweisen, daß ein bahnbrechender Gelehrter wohl auch das Recht haben mag, in allgemeinen Fragen seine eigenen sonderbaren Ideen zu haben, wie man das zu allen Zeiten gesehen hat. Damit erklärt sich jedoch nicht das unerhörte Aufsehen, welches gerade die spekulative Seite von Haeckels Wirken bei seinen Zeitgenossen erregte. Diese Frage erfordert eine besondere Erklärung, die unsere Aufmerksamkeit wieder auf die politischen und sozialen Zustände jener Zeit lenkt.

In Deutschland waren die siebziger Jahre eine recht unruhige Zeit. Die vor kurzem gewonnenen Siege hatten freilich Bismarcks Macht gefestigt, aber er hatte jedenfalls Gegner auf zwei Seiten, die Katholiken, deren ultramontane Politik die Einheit des Reiches zu gefährden schien, und die internationale Arbeiterbewegung, die noch vor kurzer Zeit durch den Kommunistenaufstand in Paris die Menschheit erschreckt hatte und besonders auch in Deutschland, wo man einige Attentate auf hochstehende Personen ihr zur Last legte, Besorgnis erregte. Unter solchen Umständen fürchteten die Freisinnigen neue weitere Zwangsmaßregeln und die Freunde des inneren Friedens neue Umwäl-

zungen. Nun hatte auch besonders der Darwinismus, der ja im Anfang auffallend das Gepräge einer Forschrittslehre trug, durch Haeckels polternde Angriffe gegen die Machthaber in Staat und Kirche und durch seine dogmatische Fassung des Gegensatzes zwischen dem Schöpfungsglauben und der Entwicklungslehre, das Mißtrauen der Konservativen erregt und war in den Ruf einer staatsgefährlichen Hypothese gekommen, deren Wahrheitswert durch die Plastidulentheorie und ähnliche Ergüsse wenig Vertrauen erweckte. Der Streit der Meinungen über den Darwinismus wurde unter diesen Verhältnissen immer lebhafter. Um Haeckel sammelte sich eine Schar junger Naturforscher, die mit Begeisterung die neue Lehre predigten, und unter denen wir mehrere bekannte Namen finden, z. B. A. Brehm, den Verfasser des weitverbreiteten Werkes „Das Tierleben", F. von Hellwald, bekannt als geographischer Schriftsteller, G. Jäger, den Urheber wunderlicher hygienischer Theorien, und andere. Da die Universitäten in den meisten Fällen für sie geschlossen waren, agitierten sie für ihre Ansichten durch populäre Vorträge und Streitschriften, wobei sie gern ihren naturwissenschaftlichen Radikalismus mit dem politischen vermengten. Ihnen schlossen sich auch die alten Radikalen, Vogt und Büchner, an. Die neue Theorie hatte jedoch auch politisch konservative Anhänger, wie z. B. Du Bois-Reymond, der zwar mit Begeisterung den Darwinismus begrüßte und versicherte, daß er die Biologie von allen Zweckmäßigkeitserklärungen befreie, aber gleichzeitig erklärte, daß er den „Haeckelismus" mißbillige. In seinem oben erwähnten Vortrag über die Grenzen der Naturwissenschaft hatte er vor dem Glauben an eine endgültige Lösung der Rätsel der Natur und des Lebens gewarnt. Haeckel dagegen, der freilich selbst, wie wir uns erinnern, die Grenzen des Erkenntnisvermögens anerkannte, empörte sich über das Wort „ignorabimus", in welchem er politische Reaktion witterte, und in der Einleitung zur „Anthropogenie" wendet er sich gegen dasselbe, indem er es rein politisch auffaßt. Noch gespannter wurde die Lage einige Jahre später, als die preußische Regierung ein neues Schulgesetz ausarbeitete, dessen Inhalt auch die Zukunft der Naturwissenschaft in Deutschland berühren mußte. Da trat Haeckel auf einer Naturforscherversammlung in München im Jahre 1877 auf und hielt einen Vortrag über das Verhältnis der Entwicklungslehre zur Wissenschaft im allgemeinen. Er wiederholte seine alten Theorien, die Plastidulenhypothese inbegriffen, und versicherte im Anschluß daran, daß die Biologie, entwicklungsgeschichtlich betrachtet, keine exakte Wissenschaft sei, sondern eine historische und philosophische und als solche geeignet, die Naturforschung mit der Geisteswissenschaft zu vereinigen und somit die Grundlage zu einer einheitlichen Lebensanschauung zu bilden, welche mit der Zeit das ganze menschliche Leben in allgemein humanitärer

Richtung umgestalten werde und daher die Grundlage eines jeden Unterrichtes sein müsse. Gegen diesen Vorschlag trat Virchow auf, indem er das Hypothetische und Unbewiesene im Darwinismus betonte und aus diesem Grunde vor seiner Aufnahme in den Schulunterricht warnte, denn dieser habe sich nur mit unbestrittenen Wahrheiten zu befassen. Virchows Rede erregte Jubel bei den Konservativen. In der Tat war seine Kritik von Haeckels Phantasien berechtigt, aber bedenklich sein pädagogisches Programm, denn, könnte man fragen, was bliebe wohl nach, wenn jede Hypothese aus der Schule verbannt würde. Alle Naturerklärung ist ja im Grunde hypothetisch, und vieles von den Ergebnissen der Geschichtsforschung beruht auf umstrittenen Tatsachen. Aber noch peinlicher berührt eine nebenbei gemachte Äußerung über die geistige Verwandtschaft des Darwinismus mit der Sozialdemokratie, welche damals gleichbedeutend mit einer Beschuldigung wegen Hochverrats war. Bald darauf verbot in der Tat der preußische Kultusminister[1]) in einem Zirkular den Schullehreren auf das strengste jede Beschäftigung mit dem Darwinismus, und in dem neuen Schulgesetz wurde die Biologie aus den höchsten Klassen der Schulen verbannt, um die Jugend vor den Gefahren der neuen Lehren zu schützen. Haeckel beantwortete Virchows Rede mit einer Schrift über „Freie Wissenschaft und freie Lehre", in der er aufs neue seine Antithese, Schöpfung — Entwicklung, formuliert und „sichere Beweise" für die Richtigkeit der Deszendenzlehre vorbringt, ferner behauptet, daß die Psychologie der Zelle aus Virchows eigenen Ideen abgeleitet werden könne, und schließlich die Freiheit des Unterrichtes und die Unabhängigkeit des Darwinismus von politischen Tagesfragen fordert. Seine Antwort erregte auf der Seite der Freisinnigen Entzücken, und man kann sich leicht denken, wie die Freunde der Freiheit von Wort und Gedanke sich um ihn scharen mußten, trotz seiner vielen Irrungen, zumal die gegnerische Partei solche Maßnahmen durchführte, wie die genannte Schulverordnung. Zudem gab auch der Erfolg Haeckel recht, denn der Darwinismus konnte ja in den Schulen verboten werden, aber die Entwicklungsidee und ihre Methoden drangen überall ein, in die Geschichtsforschung und in das Sprachenstudium, ja sogar in die wissenschaftliche Behandlung von Religionsurkunden und in die Religionsgeschichte. Und zu diesem Ergebnis hat ohne Zweifel Haeckel mehr als die meisten anderen beigetragen. Das Wertvolle in seinen Lehren ist bestehen geblieben, während die Mißgriffe der verdienten Vergessenheit anheim gefallen sind.

In den achtziger Jahren verstummte der Streit um die Berechtigung des Darwinismus. Haeckel selbst beschäftigte sich zu dieser Zeit meist

---

1) Kultusminister war damals der nationalliberale Falk.

mit Radiolarien, und seine Kampfgenossen wählten gleichfalls andere Beschäftigungen. Das erwähnte Jahrzehnt erlebte dagegen eine unbestrittene Herrschaft der Morphologie innerhalb der Forschung und des Unterrichtes auf dem Gebiete der Biologie. Es war die Zeit, wo Gegenbaurs und Haeckels Ideen allgemein und ohne Widerspruch herrschten und auf die verschiedenen Gruppen des Tierreiches angewendet wurden. Das Ergebnis war aber keineswegs so, wie Haeckel es sich gedacht hatte. Anstatt einfacher und leicht faßlicher Beweise für die unbestreitbare Gültigkeit des Darwinismus fand die jüngere Forschergeneration eine Menge verwickelten Tatsachenmaterials, das nur zur Verwirrung des biogenetischen Grundgesetzes, der Gastraeatheorie und der übrigen „Naturgesetze“ führte. Diesen Ausgang hatte Haeckel nicht erwartet. Von Natur selbstbewußt und verwöhnt durch die Erfolge früherer Zeiten konnte er sich in diese Entwicklung nicht finden, und da das Studium von Einzelheiten ihm nie recht gepaßt hatte, erregten die umständlichen Methoden und eingehenden Beobachtungen der jüngeren Morphologen sein lebhaftes Mißfallen. In einem Brief aus jener Zeit äußert er, daß die modernen Morphologen im allgemeinen und die „Querschnittler und Anilinfärber“ im besonderen weit weniger „logische Schulung“ besäßen, als die Systematiker der alten Schule. Mit dem zunehmenden Interesse für die Erforschung der Einzelheiten nahm, wie immer, das Interesse für theoretische Spekulationen ab. Anstatt auf Haeckels Losungswort: entweder Schöpfungs- oder Entwicklungsgeschichte, zu hören, zog man es vor, die Theorien ihrem Schicksal zu überlassen, und ging zur praktischen Arbeit über. Als aber dazu noch ernste Forscher Haeckels Lieblingstheorie, die Abstammung des Menschen von den höheren Affen und seine Verwandtschaft mit dem Gorilla und Schimpansen, zu bezweifeln begannen, indem sie fanden, daß der Mensch in anatomischer Hinsicht sehr isoliert dastände und direkt von niederen Tierformen abzuleiten wäre, kann man sich nicht wundern, daß der alte Häuptling die Geduld verlor. Die Entwicklung leiten konnte er nicht mehr, sich unterwerfen ebenso wenig; aber sich zurückziehen, was das verständigste gewesen wäre, dazu war sein Tätigkeitsdrang zu groß und vielleicht auch seine Eitelkeit, und so fuhr er fort im Kampf für seine Naturphilosophie, Jahr für Jahr mehr verlassen von seinen Freunden und Schülern unter den Naturforschern. Anstatt ihrer näherte sich Haeckel von einer anderen Seite her ein neues und dankbares Publikum. Der alte politische Radikalismus war gegen Ende des Jahrhunders ausgestorben, die Mehrheit in der freisinnigen Partei hörte mit ihrer Opposition ganz auf, und an ihrer Stelle nahm die sozialistische Arbeiterbewegung mit stetig wachsendem Erfolge den Kampf gegen die Regierungsautoritäten auf; gewaltig bekämpft von Bismarck, bald bekämpft, bald begünstigt von seinen Nachfolgern

wuchs sie immer mehr, bis sie in der Novemberrevolution 1918 die alte Staatsordnung stürzte. Für sie war Haeckels Monismus ein willkommener Bundesgenosse. Mit jugendlichem Idealismus begrüßten ihre Mitglieder die moderne Naturwissenschaft, denn auch sie waren ja Feinde der konservativen und regierungsfreundlichen Staatskirche, die sie zu untertänigem Gehorsam gegenüber der Obrigkeit ermahnte, und setzten um so mehr ihre Hoffnung auf eine naturwissenschaftliche Weltanschauung, die den Fortschritt als das Ziel des Lebens hinstellte. Daß Haeckels Weltbild grob schematisch und verzeichnet war, konnten sie aus Mangel an Fachbildung nicht beurteilen, aber sein eigener begeisterter Glaube an die Naturwissenschaft und sein Haß gegen die Staatskirche zusammen mit seiner oppositionellen Stellung in der Politik ließen ihn sehr anziehend erscheinen. Auf diesem Hintergrunde muß Haeckels spätere naturphilosophische Tätigkeit gesehen werden, wenn man ihren Einfluß richtig verstehen will.

In den neunziger Jahren kehrte Haeckel zur Naturphilosophie zurück. Er gab ein paar Abhandlung über den Monismus heraus und ein großes Werk über „systematische Phylogenie", das die Stammbäume aller lebenden Wesen enthält und demnach eine Anwendung im einzelnen seiner damals schon ziemlich unmodernen Theorien darstellt. Im Jahre 1899 erschien sein berüchtigtes Buch „Die Welträtsel", welches eine Zusammenfassung seiner Ideen und zugleich sein Abschied von seiner Lebensarbeit sein sollte. Als Kind des 19. Jahrhunderts wollte er sein Werk zugleich mit der Jahrhundertwende abschließen, hat aber leider diesen Vorsatz nicht ausgeführt. Die „Welträtsel" hatten einen unerhörten Erfolg. In Deutschland wurden Hunderttausende, in England Zehntausende von Exemplaren dieses Buches abgesetzt, das besonders in Arbeiterkreisen stark verbreitet wurde und, wie man sagt, in Japan sogar als Schulbuch Eingang gefunden haben soll. Vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus muß es jedoch als vollkommen wertlos bezeichnet werden. Der biologische Teil gibt den Inhalt der Schöpfungsgeschichte, Anthropogenie und Plastidulabhandlung unter geringstmöglicher Berücksichtigung neuerer Forschungsergebnisse wieder, und er bildet nur etwa den vierten Teil des Bandes, während der Rest psychologischen, kosmologischen und theologischen Spekulationen gewidmet ist. Der kosmologische Teil zeugt wieder von den unsäglich verworrenen Ansichten des Verfassers über die einfachsten Tatsachen der Physik und Chemie. Ihm ist sein Urteil gesprochen worden in der allgemein verbreiteten und nie von kompetenter Seite widerlegten Streitschrift des russischen Physikers Chwolson, auf die wir den Leser hinweisen, der sich einen Einblick in Haeckels Stellung zu den exakten Wissenschaften verschaffen will. Der philosophische Teil des Buches ist von fachmännischer Seite ebenso schlimm mitgenommen worden,

und Philosophen verschiedener Schulen haben seinen völligen Mangel an erkenntnistheoretischem und logischem Gehalt hervorgehoben, seine Unfähigkeit, die einfachsten Begriffe klar zu bestimmen. Nebenbei mag hier erwähnt werden, daß der „Monismus" sich diesmal hauptsächlich auf Spinoza stützt, den großen Dogmatiker und Entwicklungsleugner, dessen rein metaphysischer Substanzbegriff ohne weiteres mit der Materie der Physik identifiziert wird. Die wirkliche Beschaffenheit der Substanz wird allerdings als unerklärlich hingestellt, aber mit ihrer Hilfe wird dessen ungeachtet alles zwischen Himmel und Erde erklärt. Fügt man hierzu noch Haeckels völligen Mangel an historischem Sinn und Kritik — seine Urteile über Personen und Ereignisse sind dem Vorrate des wohlfeilsten politischen und kulturellen Radikalismus entnommen — so wird der letzte Eindruck der „Welträtsel" ein in jeder Hinsicht beklemmender. Die Ursache des Erfolges, den das Buch hatte, ist offenbar im politischen und sozialen Bereiche zu suchen. Darauf deutet schon die Einleitung hin, in der die Fortschritte der Wissenschaft einer Schwarzmalerei der damaligen politischen Zustände gegenübergestellt werden. Das Staatsleben, die Gerichte und das Schulwesen werden als fürchterlich rückständig geschildert, und besonders natürlich die Kirche wird als ein Herd jeder Art von Finsternis, Aberglauben und Bedrückung dargestellt. Sowohl auf radikaler, als auch auf konservativer Seite reagierte man auf dieses Kampfsignal. Einige Jahre nach dem Erscheinen der „Welträtsel" bildete sich der „Monistenbund", eine weitverzweigte Gesellschaft, die sich zur Aufgabe machte, für die Ideen zu wirken, welche Haeckel in seinem letztgenannten Buche und einer Fortsetzung desselben, „Den Lebenswundern", ausgesprochen hatte. Dieser Bund wirkte durch Versammlungen, Vorträge und Schriften, stellenweise sogar durch eine Art von Andachtsübungen, die den kirchlichen Kultus ersetzen sollten. Haeckels Amtsbrüder hielten sich jedoch meist von diesem Bunde fern, und nur wenige Naturforscher von Bedeutung traten dem Verein bei. Von konservativer Seite erfolgten die schärfsten Angriffe. Im preußischen Landtage hielt der Professor der Botanik Reincke eine Rede gegen den Haeckelismus, den er als eine der Gesellschaft und der Sittlichkeit feindliche Richtung bezeichnete. Hierdurch flammte der Streit erst recht auf, und als Gegengewicht gegen den Monistenbund wurde der „Keplerbund" gegründet, so benannt nach dem großen Astronomen. Schon die Wahl des Namens war unglücklich, denn Kepler war zwar ein großer Naturforscher und frommer Christ zugleich, aber ebenso auch befangen im gröbsten Aberglauben seiner Zeit und kann daher gewiß nicht den Wahrheitssuchern unserer Zeit als Ideal hingestellt werden. Diesem Verbande gelang es noch weniger als dem Monistenbunde, bedeutende Naturforscher an sich zu fesseln. Diese hielten sich vom Streite fern und neigten, wenigstens

die Biologen, zu Haeckel, dessen Wirken trotz aller Mißgriffe doch ein Kampf für Aufklärung und Lehrfreiheit gegen drohende reaktionäre Mächte zu sein schien.

Trotz aller Wechselfälle des Lebens behielt ja auch Haeckel den radikal freisinnigen Standpunkt seiner jungen Jahre bei, was für ihn um so leichter war, als er nie an der praktischen Politik teilnahm und folglich auch keine politischen oder sozialen Probleme im einzelnen zu lösen brauchte. Um so schwerer aber traf ihn der Weltkrieg. Daß Darwins Landsleute sich Deutschlands Feinden anschlossen, brachte ihn zur Verzweiflung. Er veröffentlichte noch einige Arbeiten, darunter eine unter dem Titel „Fünfzig Jahre Stammesgeschichte“, in der er das fünfzigjährige Jubiläum seiner „Generellen Morphologie“ feiert und beweist, daß er nichts gelernt und nichts vergessen hat. Seine letzte Arbeit „Kristall-Seelen“ ist genügend schon durch den Titel gekennzeichnet. Sie erschien im Jahre 1917, und 2 Jahre später erfolgte der durch einen Unglücksfall beschleunigte Tod, der als Befreier von der Schwäche des Alters und der Schwere der Zeit erschien.

Der bekannte Philosoph Eduard von Hartmann schildert in einer im übrigen wohlwollend gehaltenen Charakteristik Haeckel und dessen „Monismus“ folgenderweise: „Haeckel ist ontologischer Pluralist, indem er die Natur als eine Vielheit von getrennten Substanzen (Atomen) auffaßt, metaphysischer Dualist, indem er in jeder Einzelsubstanz zwei verbundene metaphysische Prinzipien (Kraft und Stoff) annimmt, phänomenaler Dualist, indem er zwei verschiedene Gebiete der Erscheinung (äußeres mechanisches Geschehen und inneres Empfinden und Wollen) anerkennt, Hylozoist, indem er jedem Teil der Materie Belebtheit und Beseeltheit zuschreibt, Identitätsphilosoph, insofern er den Grund beider Erscheinungsgebiete in ein und derselben Substanz sucht, kosmonomischer Monist, indem er die teleologische Gesetzmäßigkeit der Welt leugnet, und nur die kausale gelten läßt, und Mechanist, indem er alles kausale Geschehen als mechanische Vorgänge zwischen materiellen Teilchen ansieht“. Der Haeckelsche Monismus enthält also, näher betrachtet, von allem ein wenig. Es dürfte daher geboten erscheinen, im Anschluß an obiges hervorzuheben, daß unsere Zeit auch besser durchdachte monistische Systeme aufzuweisen hat. Der Monismus ist übrigens als philosophische Lebensanschauung recht alt. Die Neuplatoniker, welche ausschließlich den Ideen wirkliche Existenz zuschrieben, waren unleugbar Monisten, ebenso auch Spinoza, ferner Schelling und seine Nachfolger, unter denen Goethe und Hegel zu nennen sind. Der Monismus auf naturwissenschaftlicher Grundlage hat unzweifelhaft, besonders in

unserer Zeit, eine weitere Verbreitung gefunden. Als einer seiner hervorragendsten Vertreter wird Ernst Mach (1838—1916), anfangs Professor der Physik, später Professor der Philosophie in Wien, genannt. Als Physiker beschäftigte er sich u. a. mit dem Studium der Physiologie der Sinnesorgane nach Helmholtz' Beispiel, studierte daneben auch Kants Schriften und wurde durch sie in das Bereich der Erkenntnistheorie eingeführt. Daraufhin stellte er sich als Aufgabe die Schaffung einer Methode des naturwissenschaftlichen Denkens, und zwar nicht als Philosoph, der er nicht sein wollte, sondern als Naturforscher. Mit transzendenten Denkgebieten wollte er sich nicht befassen. Er kam durch die Analyse verschiedener Sinneseindrücke zum Resultat, daß alles Phänomen sei und ein Ding an sich gar nicht existiere. Die äußere Welt bestehe aus einer Reihe von Phänomenen und das Ich, die Person, ebenfalls aus einer Reihe von Phänomenen, die wir Wahrnehmungen nennen. Die Phänomene ständen zueinander in Beziehungen, die durch den mathematischen Funktionsbegriff ausgedrückt würden, d. h. eine Veränderung ziehe eine andere nach sich. Die Phänomene innerhalb und außerhalb der Person hingen voneinander ab. Mach leugnet den prinzipiellen Gegensatz zwischen Schein und Wirklichkeit. Der wildeste Traum sei ein ebensolches Phänomen, wie ein wirkliches Geschehnis. Ebenso leugnet er den Gegensatz zwischen dem Ich und dem Nichtich, denn beide seien eine Reihe voneinander abhängender Phänomene. Die Art, wie Mach auf Grund dieser Voraussetzungen solche Phänomene, wie Willen und Gedanke, erklärt, ist von Fachphilosophen viel erörtert und oft als leichtsinnig verurteilt worden. So z. B. erklärt Höffding, daß die gemeinsamen Grundfaktoren der Physik und Physiologie bei Mach so unbestimmt und mystisch seien, wie ein formloser Nebel. Mach will aber nur Naturforscher sein und naturwissenschaftliche Denkprobleme ergründen. Jedoch auch in dieser Eigenschaft gibt er Grund zu ebensolchen Anmerkungen. So erscheinen seine biologischen Erwägungen schon für seine Zeit veraltet und zum Teil recht naiv, z. B. wenn er über Entwicklung und Vererbung redet, ohne auf die Forschungsergebnisse seiner Zeit Rücksicht zu nehmen, und an verschiedenes aus der alten, kindischen Tierpsychologie im Sinne Darwins glaubt, oder gleich Haeckel über die Möglichkeit, die Entstehung der Sinnesorgane durch Selektion zu erklären, spekuliert. Merkwürdigerweise verteidigt er auch, was die Biologie betrifft, die teleologische Naturerklärung, wenn auch nur als ein Provisorium bis zur Gewinnung einer wirklichen Kausalerklärung. Sein Hinweis darauf, was die Teleologie alles getan habe, um das Interesse für gewisse Fragen zu wecken und Tatsachen zu ihrer Lösung zu sammeln, mag seine Richtigkeit haben, aber er übersieht dabei die Verwirrung, die sie anrichtete, indem sie zu vitalistischen Naturerklärungen

verführte, wie solche in der Tat auch, wie wir später sehen werden, im Gefolge von Machs Wirken auftreten. Was schließlich seinen Monismus betrifft, so hat dieser trotz Machs Versicherung doch mehr philosophisches als naturwissenschaftliches Interesse. Der praktisch arbeitende Naturforscher wird in jedem Fall die Dinge als wirklich existierend und die Veränderungen an ihnen als durch Ursachen bedingt behandeln müssen.

Eine andere monistische Lehre ist von Richard Avenarius (1843—1896), Professor der Philosophie in Zürich, aufgestellt worden. Auch er hat eine Art von Funktionslehre aufgestellt, deren Elemente jedoch zum Unterschiede von Machs Theorie materieller Natur sind. Seine Theorie, die an einer schwer verständlichen Darstellung krankt, hat weniger Einfluß gehabt, als die von Mach.

Solche naturphilosophische Theorien können als Denkexperimente von Interesse sein und außerdem als Ausdruck der Lebensanschauung einer vollendeten Persönlichkeit einen ideellen Wert haben. Die exakte Naturforschung geht dagegen ihre eigenen Wege, bald gehemmt, bald gefördert durch verschiedene Weltanschauungen, je nachdem diese sich zu den vorliegenden Tatsachen stellen. Pasteur z. B. war im Kampf um die Urzeugung im Vorteil durch seinen Glauben an katholische Dogmen gegenüber denen, die in der Urzeugung eine „philosophische Notwendigkeit sahen". Und gerade sein Beispiel zeigt, wie auf die Dauer die praktische Verwendbarkeit von Beobachtungen das überzeugendste Kriterium ihres Wertes ist. Bestehen bleiben die Tatsachen, die, wenn auch noch so mittelbar, zur Erweiterung der Macht des Menschen über die Natur beitragen, während „Weltanschauungen", nachdem sie eine Zeitlang gelebt haben, ins Archiv der Kulturgeschichte kommen, falls sie überhaupt der Aufbewahrung für würdig erachtet werden.

Kapitel XLIII.

Morphologische Einzelforschung unter dem Einfluß des Darwinismus.

1. Anatomie und Embryologie.

Die Glanzperiode des Darwinismus waren ohne Zweifel die siebziger und achtziger Jahre des 19. Jahrhunderts. Bis dahin hatten seine Gegner aus der alten Schule ihr letztes Wort gesprochen, und die Forscher der jüngeren Generation, die die neue Lehre annahmen, sahen in ihrer Anwendung noch keine Schwierigkeiten. Man suchte vielmehr, durch Einzeluntersuchungen auf allen möglichen Gebieten neue Beweise für sie zu sammeln. Diese Bestrebungen veranlaßten eine außerordentlich reichhaltige und vielseitige Produktion namentlich auf dem Gebiete der Morpho-

logie mit ihren verschiedenen Teilgebieten, aber auch auf den Gebieten der Geographie, Ökologie und der reinen Systematik. Einen gedrängten Überblick über diese ebenso vielseitige wie ergebnisreiche morphologische Einzelforschung soll in diesem Kapitel gegeben werden.

Die Anatomie entwickelte sich durch eine Menge von Untersuchungen, deren Ergebnisse in zahlreichen Übersichtswerken zusammengefaßt wurden. Ein Bericht über alle wertvollen Tatsachen, die durch diese rastlose Arbeit aufgedeckt wurden, ist beim Umfang unseres Buches undenkbar, denn schon ein Verzeichnis der in dieser Zeit erschienenen anatomischen Werke erfordert hunderte von Seiten. Besonders über die wirbellosen Tiere wurden neue und wichtige anatomische Entdeckungen in Menge gemacht; bis dahin unbekannte oder wenigstens kaum beachtete Tierformen wurden untersucht und ergaben oft der vergleichenden Forschung ungeahnte Aufschüsse. Chaetognathen und Enteropneusten, Tunicaten und Brachiopoden mögen als Beispiele dem Umfange nach unansehnlicher aber durch Bau und Entwicklung interessanter Formen genannt sein. Aber auch das fortlaufende Studium der Wirbeltiere lieferte der vergleichenden Anatomie wertvolle Beiträge, die gerade wegen ihrer morphogenetischen Ziele es nicht verschmähte, auch die unansehnlichsten Tierformen auf ihre Abstammungs- und Entwicklungsverhältnisse hin zu untersuchen. Andererseits aber wurden mit der Zeit diese Untersuchungen wegen des oben genannten Zieles bis zu einem gewissen Grade einförmig, und die ganze Forschungsrichtung wurde unmodern, so daß sich das Intersse anderen Fragen zuwandte. Unter den Forschern, die die Ergebnisse dieser Forschung zusammenfaßten, nennen wir Robert Wiedersheim (1848—1923), einen Schüler von Leydig und Professor in Freiburg, bekannt durch seine zusammenfassenden Werke über die Anatomie der Wirbeltiere und wertvolle Einzeluntersuchungen besonders über den Knochenbau von Amphibien, und den Schweizer Arnold Lang (1855—1916), einen Schüler von Haeckel und Professor in Zürich, der ein viel benutztes Werk über die Anatomie der wirbellosen Tiere und eine Anzahl von Einzelarbeiten über gewisse Gruppen unter den Würmern verfaßt hat.

Der Zweig der Morphologie, der sich unter dem Einfluß der Abstammungslehre besonders stark entwickelte, war die Embryologie. Das biogenetische Grundgesetz und die aus ihm abgeleiteten Lehren von den Keimschichten und von der Gastraea wurden auf verschiedenen Gebieten angewendet und gaben Veranlassung zu neuen Richtungen, während die neue Mikrotechnik Einzelentdeckungen von ungeahnter Tragweite ermöglichte. Die Embryologie wurde daher die am meisten fruchtbringende von allen morphogenetischen Teilgebieten und lenkte die Aufmerksamkeit der hervorragendsten Forscher jener Zeit auf sich.

Unter diesen Vertretern der phylogenetischen Embryologie können nur wenige von den wichtigsten angeführt werden. Im Geiste Haeckels und sehr von ihm gerühmt arbeitete Alexander Kowalevsky (1840 bis 1901), Professor und Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Petersburg. Seine Untersuchungen über die Entwicklung der Ascidien und Salpen waren reich an vorzüglichen Einzelstudien, und dasselbe gilt von seinem Werke über die Entwicklung des Lanzettfisches, durch das endlich auch die Ontogenie dieses viel besprochenen Tieres bekannt wurde. Kowalevsky war ein überzeugter Anhänger der Lehre von den Keimschichten, die er auch durch Beiträge auf theoretischem Gebiete weiter ausbildete.

In derselben Richtung betraten auch die beiden Brüder Hertwig ihre Forscherlaufbahn, die sie zu Entdeckungen von grundlegender Bedeutung und zu theoretischen Ansichten, welche von ihren ursprünglichen sehr abwichen, führte. Oscar Hertwig (1849—1922) und Richard Hertwig (geb. 1850), Söhne eines Kaufmannes zu Friedberg in Hessen, studierten beide bei Haeckel in Jena, wo sie auch Dozenten wurden. Hernach wurde Oscar Professor der Anatomie in Berlin und Richard Professor der Zoologie in München. Beide zeichneten sich als bedeutende Lehrer und Forscher aus. In Jena arbeiteten sie gemeinsam im Haeckelschen Geiste über entwicklungsgeschichtliche Fragen und gaben eine Reihe von Abhandlungen unter dem Titel „Studien zur Blättertheorie" heraus, in denen besonders die mittlere Keimschicht behandelt wurde. Hier legten sie ihre berühmte Coelomtheorie dar, die bestimmt war, eine allgemeingültige Antwort zu geben auf die Frage: „Wie entwickelt sich der zweischichtige Keim zu höherer Organisation?" Die Theorie geht aus von den beiden primären Keimschichten, dem Ekto- und Entoderm, zwischen denen sich aus eingewanderten Zellen eine anfangs undifferenzierte Schicht bildet, die den Namen Mesenchym erhält. Je nachdem das Mesenchym an der Gewebebildung teilnimmt, oder nicht, werden die Tiere in Hinblick auf ihre Entwicklung in zwei Gruppen eingeteilt. Ersteres geschieht bei den Korallentieren, Plattwürmern und Mollusken, bei denen sich das Muskelsystem und Nervensystem aus dem Mesenchym bilden, während bei der Mehrzahl der übrigen Tiertypen, namentlich bei den Gliedertieren und den Wirbeltieren die genannten Gewebe rein epithelialen Ursprungs sind und aus einer paarigen Ausstülpung des Entoderms entstehen, deren Hohlraum zur Leibeshöhle, oder dem Coelom wird. In einer Reihe von Einzeluntersuchungen wurde darauf diese Theorie auf die Organbildung bei verschiedenen Tierformen angewendet und gewann bei den Zeitgenossen allgemeinen Beifall. His verhielt sich zwar abweisend, konnte aber keine bessere Erklärung geben. Eine spätere Forschung hat aber gefunden, daß diese Theorie zu schematisch war,

und man hat es aufgegeben, die verschiedenen Organe auf die drei Keimschichten zu beziehen, und sucht jetzt ihre Entstehung gesondert in sogenannten Primitivanlagen. Außerdem hat man bei genauerer Untersuchung gefunden, daß die Coelombildung durch einfache Einstülpung weit seltener ist, als die beiden Brüder annahmen. Ihre Theorie hat jedoch eine große Rolle gespielt und eine reiche Menge von Einzelforschungen von bleibendem Wert veranlaßt. Im folgenden werden wir ihren Namen wiederholt im Zusammenhang mit wertvollen Beiträgen zur Entwicklung der Biologie begegnen. Unter ihren Schülern ist das Forscherpaar Eugen Korschelt (geb. 1858, Professor in Marburg) und Karl Heider (geb. 1856, zum Schluß Professor in Berlin), zu erwähnen, die gemeinsam eine umfangreiche Zusammenfassung des Wissens ihrer Zeit über die Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere herausgaben. Beide haben sich außerdem als Spezialforscher besonders auf dem experimentellen Gebiete hervorgetan.

Auch England hat in dieser Zeit eine wertvolle embryologische Forschung aufzuweisen, unter deren Vertretern Edwin Ray Lankester (geb. 1847), Professor am British Museum in London und Verfasser einer Anzahl von entwicklungsgeschichtlichen Abhandlungen, besonders über Fische und Gliedertiere, zu nennen ist. Er hat sich besonders der Coelomtheorie angenommen und sie bis zum äußersten durchgeführt, indem er sie zur Grundlage der Systematik des Tierreiches zu machen versuchte. Einen besonders hervorragenden Namen hat sich auf dem entwicklungsgeschichtlichen Gebiete Francis Maitland Balfour erworben, geboren 1851 und durch einen Unglücksfall 1882 gestorben. Er war ein jüngerer Bruder des bekannten Politikers Lord Balfour. Während seines kurzen Lebens schuf er eine Anzahl hochbedeutender entwicklungsgeschichtlicher Arbeiten, darunter eine Untersuchung der Entwicklung der Haie und sein bekanntes „Handbuch der vergleichenden Embryologie“, das eine in ihrer Zeit einzig dastehende Darstellung der Ei- und Keimentwicklung in dem ganzen Tierreiche bildet, eine Anwendung der modernen genetischen Embryologie auf das ganze Tierreich und zugleich eine starke Rechtfertigung der darwinistischen Morphologie in ihrer klassischen Form. Balfour stellt nämlich mit Bestimmtheit die Phylogenie als Ziel der Entwicklungsgeschichte hin, während er in gewissen Einzelheiten, wie z. B. in der früher angeführten Theorie von der Entstehung der Extremitäten, einen von der damaligen Gegenbaurschen Schule abweichenden Standpunkt vertritt.

Es war nämlich schon die morphogenetische Embryologie auf starken Widerspruch seitens solcher Forscher gestoßen, die an Stelle phylogenetischer Schlußfolgerungen das Studium der Funktionen derjenigen Organe, deren Entwicklung untersucht werden sollte, setzten und die also der Ent-

wicklungsgeschichte eine in gewisser Hinsicht physiologische Richtung geben wollten. Zu dieser Gruppe gehörte der schon früher genannte Wilhelm His (1831—1904), geboren in Basel, daselbst Professor und später Professor in Leipzig, wo er bis zu seinem Tode wirkte. Bekannt als Anatom und Embryologe bahnte er besonders auf dem letztgenannten Forschungsgebiete den Weg für eine neue Richtung. In der Keimentwicklung will er in erster Linie einen physiologischen Vorgang sehen, dessen Verlauf in der Weise studiert werden soll, daß jedes spätere Entwicklungsstadium mit Notwendigkeit aus dem nächst vorhergehenden abgeleitet werden kann. Die Veränderungen, durch welche die einfache Eizelle sich zum komplizierten Organismus umbildet, sind nach seiner Meinung rein mechanisch und bestehen in einer Reihe von Erhebungen, Faltenbildungen und Verwachsungen, durch die der Embryo aus der ursprünglich scheibenförmig ausgebreiteten Keimschicht entsteht. Diese Faltenbildungen werden ihrerseits ganz einfach durch ungleiches Wachstum verursacht. Jedes Organ hat in der Keimschicht seine vorgebildete Anlage, und diese Schichten bestehen also aus einer Menge „organbildender Keimbezirke", sind folglich nicht indifferent, wie C. F. Wolff und nach ihm Haeckel meinten. Im Anschluß hieran gibt His eine scharfe Kritik des biogenetischen Grundgesetzes, indem er feststellt, daß die Embryonen der verschiedenen Tierformen ebensogut voneinander unterschieden werden können, wie die ausgebildeten Tiere. Haeckels Beweise in Wort und Bild für das Gegenteil werden erörtert und für ungenügend erklärt und zuletzt die Frage gestellt: „Wenn wir einen solchen Stammbaum besäßen, wäre alsdann unsere eigene, oder irgendeine andere der jetztlebenden organischen Formen vollständig erklärt?" Als Antwort hierauf wird folgendes angeführt. Wenn man in einem Fall von Kurzsichtigkeit feststellt, daß das Individuum diesen Fehler geerbt hat, so ist hinsichtlich der Beschaffenheit des Übels wenig gewonnen. Vielmehr müßten zu diesem Zweck die Akkommodationsfähigkeit und andere damit zusammenhängende Umstände untersucht werden, und ebenso sei auch die Untersuchung der physiologischen Seite der Keimentwicklung wichtiger, als alle phylogenetischen Spekulationen. Diese seine Betrachtungsweise fand bei His' Zeitgenossen, die ganz von der phylogenetischen Richtung beherrscht waren, wenig Anklang, gegenüber der Nachwelt steht dagegen His da als Vorläufer der entwicklungsmechanischen Methode, die so viele Anhänger gewann und die im folgenden besprochen werden wird.

Jedoch schon zu seiner Zeit stand His mit seiner Auffassung der Entwicklung nicht ganz allein, denn es fanden sich noch andere Gegner der einseitig phylogenetischen Richtung, unter denen Alexander Wilhelm Goette (1840—1922) zu nennen ist. In Petersburg geboren und deutschbaltischer Abkunft studierte er in Dorpat und Göttingen

und wurde schließlich Professor an der deutschen Universität in Straßburg, wo er während des größten Teiles seines Lebens wirkte. Als Embryologe stand er anfangs unter dem Einfluß seines Landsmannes K. E. von Baer. In seiner Hauptarbeit, „Die Entwicklungsgeschichte der Unke", sucht er an der Hand der Entwicklung dieses Amphibiums eine rein mechanische Entwicklungstheorie, frei von Haeckels „formbildenden Kräften" und Gegenbaurs phylogenetischen Konstruktionen aufzustellen. Von dem alten, aber damals allgemein geglaubten Irrtum ausgehend, daß sich der Eikern vor der Befruchtung auflöse, erklärt er das Ei für eine „unorganisierte, unbelebte Masse", in der durch rein mechanische Kräfte, osmotische Ströme und durch sie bewirkte Druckveränderungen, sich die ersten Teilungsfurchen bilden und mit ihnen die neuen Kerne als Mittelpunkte für die Entwicklung der neuen Zellen. Auf diese Weise erklärt er die Entstehung des Lebens aus lebloser Substanz. Darauf konstruiert er ähnliche mechanische Erklärungen der Keimschichten- und Organbildung. In einer späteren Arbeit behandelt Goette nach derselben Methode die Entwicklungsstadien einiger Formen der Würmer. Das Interessante bei diesen Untersuchungen ist die mechanische Auffassung der Keimentwicklung, die nicht nur theoretisch gefordert, sondern auch in vieler Hinsicht glücklich durchgeführt wird. Leider wurde Goette aber von seiner Theorie so sehr eingenommen, daß er alle Kritik vergaß. Seine falsche Auffassung von der Natur des Eies gab er noch lange nicht auf, nachdem ihre Unhaltbarkeit erwiesen war, und in der Erforschung von Einzelheiten verfuhr er äußerst willkürlich, so daß er sich von Gegenbaur eine böse Kritik zuzog. Seine Theorie war jedoch nicht ohne Einfluß, und sein Schüler Roux hat, ohne Zweifel durch ihn dazu angeregt, eine mechanistische Auffassung der Embryonal- und Organentwicklung ausgebildet, die große Verbreitung erlangte.

Gleichfalls ein Gegner der allgemein üblichen embryologischen Richtung war Nikolaus Kleinenberg, geboren in Mitau im Jahre 1842, Schüler von Haeckel, als Professor in Palermo gestorben 1897. Von seinen wenigen, aber originellen Schriften mag seine Monographie über die Entwicklung des Süßwasserpolypen genannt sein, in der die Ontogenie dieses primitiven Tieres zum ersten Male beschrieben wurde. In einer späteren Arbeit über den Entwicklungsverlauf eines Anneliden stellte er unter scharfer Polemik gegen Haeckels Gastraealehre und Hertwigs Coelomtheorie eine eigentümliche Theorie der embryonalen Entwicklung auf. Gleich am Anfang sagt er: „Es gibt kein mittleres Keimblatt", und führt eine Menge Beispiele an, die zeigen sollen, daß verschiedene Organe, deren Herstammung vom Mesoderm behauptet wurde, direkt oder indirekt sich aus dem Ekto- oder Entoderm bilden. Dabei betont er, daß die Form eines Organs auf seiner Funktion, nicht auf seiner

Herkunft beruhe. Ein begreifliches System der Gewebe sei nur auf physiologischer Grundlage möglich. Diese Ansichten standen damals, als sie ausgesprochen wurden (1886), in einem so scharfen Gegensatz zur allgemeinen Auffassung, daß sie kaum beachtet wurden. Ihre Zeit kam erst später zugleich mit der veränderten Auffassung von der Entwicklung, die sich in unseren Tagen geltend macht und in einem der folgenden Kapitel besprochen werden soll.

2. Zytologie.

Die mikroskopische Zellforschung ist zweifellos der Teil der Biologie, der in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts den größten Aufschwung genommen hat, die wichtigsten Ergebnisse zeitigte und in vielen Fällen der ganzen biologischen Arbeit ihr Gepräge gab. Ihre außerordentlich verfeinerte Methodik mit der umständlichen und für jeden besonderen Fall genau angepaßten technischen Vorbereitung des Untersuchungsmateriales und die genaue Untersuchung der geringsten Einzelheiten mit bis an die Grenze des Möglichen gehenden Vergrößerungen wurde eine charakteristische Erscheinung der biologischen Forschung jener Zeit. Hierdurch erhielt die rein technische Seite der Biologie ein ganz neues Aussehen. Während früher die Geschicklichkeit im Sezieren das wesentliche Erfordernis eines tüchtigen Biologen gewesen war, wurde diese Eigenschaft nun bis zu einem gewissen Grade überflüssig wegen der Entwicklung der Mikrotomtechnik. Andererseits aber mußte der Zellforscher, wenn er neues schaffen und selbständig arbeiten wollte, chemische Kenntnisse hinsichtlich der Mittel zum Fixieren und Färben der Gewebe und ihrer weiteren Behandlung haben. Diese ganze Forschungsmethode hätte natürlich zu einer geistlosen Kunstfertigkeit ausarten können, wie besonders die Biologen der älteren Schule behaupteten, aber wenn auch diese Gefahr bis zu einem gewissen Grade vorliegt, so hat die neue Methode doch schon Ergebnisse gezeigt, welche die Auffassung von den Lebenserscheinungen gewaltig umgestaltet haben.

Wir verließen die Zellforschung auf dem Punkt, bis zu welchem sie durch Max Schultze gediehen war, der Erkenntnis, daß die Zelle eine begrenzte Menge Protoplasma mit zugehörigem Kern ist. Bemerkenswert ist dabei, daß Schultze bei seinen Zellstudien ohne Mikrotom arbeitete und somit die Zytologie so weit brachte, als es mit den alten Methoden möglich war. Gleich nach seinem Tode begann ein rascher Aufschwung der Zellforschung sowohl hinsichtlich des Wertes der Entdeckungen, als auch im Hinblick auf die Anzahl der auf diesem Gebiete arbeitenden Forscher. Allen hervorragenden Kräften, die in dieser Zeit für Vermehrung des Wissens vom Leben und Bau der Zelle wirkten, gerecht zu werden, verbietet uns der Raum. Nur wenige von den allerhervorragensten Zyto-

logen können hier der Reihe nach angeführt werden, und hernach soll das Wichtigste von ihren Entdeckungen geschildert werden, weil es bei der Gleichzeitigkeit ihres Wirkens und dem Wettbewerb um die wichtigsten Arbeitsresultate besonders schwer wäre, die früher befolgte rein biographische Anordnung des Stoffes beizubehalten.

Auf dem Gebiete der Pflanzenzytologie nimmt Eduard Strasburger den ersten Platz ein. Er wurde 1844 von deutschen Eltern in Warschau geboren, erhielt dort auch seine Schulbildung, studierte später in Paris und auf deutschen Hochschulen, in Bonn und später in Jena, wo ihn Haeckel für den Darwinismus gewann und ihm eine Professur verschaffte. Hernach wurde er Professor in Bonn, wo er bis zu seinem Tode im Jahre 1912 wirkte. Als Forscher und Lehrer gleich ausgezeichnet sammelte er viele Schüler aus allen Gegenden der Erde um sich. Er war auch als Verfasser von Lehrbüchern hervorragend und seine wissenschaftlichen Schriften umfassen außer seinen epochemachenden Zellstudien etliche andere Gebiete der Pflanzenanatomie.

Unter den Forschern auf dem Gebiete der Tierzytologie zeichneten sich die oben erwähnten beiden Brüder Hertwig aus und neben ihnen Walter Flemming (1843—1905), Professor zuerst in Prag, später in Kiel, hervorragend als Beobachter, Techniker und Lehrer. Ferner Hermann Fol (1845—1892); geboren in Genf und Sohn wohlhabender Eltern, studierte er in Berlin, wurde Professor in seiner Vaterstadt und war als Forscher allgemein angesehen. Besonders interessierte ihn die Meeresforschung, und er rüstete zu diesem Zwecke auf eigene Kosten ein Fahrzeug aus, das aber mit ihm und der Mannschaft verschwand, ohne daß man später von ihm gehört hat. Otto Bütschli (1848—1920) studierte Chemie und Mineralogie, wurde hernach Zoologe und als solcher Professor in Heidelberg. Vielleicht hat seine frühere Beschäftigung mit anorganischen Stoffen und Vorgängen bei ihm eine Vorliebe für die Vergleichung organischer Strukturen mit anorganischen hinterlassen, die seine spätere Forschung kennzeichnet. Neben diesen ist der Belgier Edouard van Beneden (1845—1910) zu erwähnen. Er war der Sohn eines angesehenen Zoologen, der besonders als Parasitologe bekannt war, studierte selbst Medizin und wurde schließlich Professor in Lüttich. Als vielseitiger Forscher und Herausgeber der angesehen Zeitschrift „Archives de biologie“ hat er einen sehr bekannten Namen. Zum Schluß sind noch anzuführen Theodor Boveri (1862—1915), Schüler der Brüder Hertwig und Professor in Würzburg, und die beiden Heidenhain, Rudolf (1834—1897), Schüler von Ludwig und Professor der Physiologie in Breslau, jedoch sehr tätig als Zytologe, und sein Sohn Martin, geboren 1862 und Professor in Tübingen, der sich ausschließlich der Zellforschung widmete. Alle hier genannten haben die Wissenschaft mit

wertvollen Entdeckungen und wichtigen technischen Verbesserungen bereichert.

Im Jahre 1875 erschien die erste Auflage von Strasburgers bahnbrechendem Werk „Zellbildung und Zellteilung", dessen dritte völlig umgearbeitete Auflage im Jahre 1880 vorlag. Was in jener Periode die zytologische Forschung beherrschte, war das Problem der Entstehung des Zellkerns. Schon Nägeli hatte, wie wir sahen, die Kernteilung beobachtet, aber etwas allgemein Gültiges hatte man in seinen und anderen ähnlichen zerstreuten Beobachtungen nicht finden können. Noch in der ersten Auflage seines erwähnten Werkes läßt Strasburger den Kern der Eizelle bei den von ihm untersuchten Pflanzen sich bei der Befruchtung auflösen und seine Masse sich im Zellplasma verteilen. In diesem entstehen hernach Verdichtungen, aus denen sich neue Kerne bilden. In der dritten Auflage dagegen wird hervorgehoben, daß es keine Beispiele freier Zellbildung im Pflanzenreiche gäbe, und neue Kerne entständen stets nur durch Teilung älterer. Hiermit war wieder eine von den Grundlehren der modernen Zytologie festgelegt. Die eigentümlichen Phänomene, welche die Kernteilung begleiten, hatte man schon früher gelegentlich gesehen, aber abgesehen von diesen zerstreuten Beobachtungen war es Strasburger, der für das Pflanzenreich diese verwickelte, heute aber allgemein bekannte Erscheinung, die man Mitose oder Karyokinese nennt, klarlegte, indem er nachwies, daß der Kern nach Verlust seiner Membran seinen färbbaren Inhalt um seine Mittelebene sammelt, wo eine Teilung vor sich geht, worauf die beiden Hälften auseinanderrückend sich zu zweien neuen Tochterkernen konzentrieren. Die Grundlinien dieses Vorganges sind eigentlich schon in der ersten Auflage des erwähnten Werkes von Strasburger zu finden, aber in der dritten wird noch eine Menge von Einzelheiten mitgeteilt. Auf zoologischem Gebiete lieferten im selben Jahrzehnt Bütschli, O. Hertwig und Flemming die endgültigen Beiträge zur Kenntnis der Kernteilung und verschiedene Einzelheiten wurden von Fol, van Beneden und anderen ermittelt. Bei dieser Gelegenheit wurden auch die Faktoren, die den Kern zusammensetzen, näher untersucht, und es waren die Fadensubstanz, der Kernkörper, der Kernsaft und die Kernmembran, welche zuerst als Kernbestandteile unterschieden wurden. Der zuerst genannte Bestandteil erregte durch die Rolle, die er bei der Kernteilung spielt, die größte Aufmerksamkeit und hinsichtlich seiner wurden besonders die Untersuchungen von Flemming ausschlaggebend, die er an Amphibienlarven ausführte. Er war es, der den Verlauf der Kernteilung im einzelnen erforschte und seinen verschiedenen Erscheinungsformen und Phasen die Namen gab, die bis heute gelten. Die Fadensubstanz nannte er wegen ihrer starken Färbbarkeit Chromatin und die neben dem Chromatin hervor-

tretende, nicht färbbare Substanz Achromatin. Die Benennungen der Teilungsphasen selbst, Spirem, Aster, Metakinesis, Dyaster und Dispirem, stammen auch von ihm. Ferner beobachtete er die Verwandlung des Chromatins aus einem Netzwerk in einen verschlungenen Faden und weiter in eine Anzahl gekrümmter Stäbchen, deren Längsspaltung die eigentliche Teilung ausmacht. Diese Chromatinstäbchen wurden später von Waldeyer Chromosomen genannt und spielen bekanntlich heute eine entscheidende Rolle in der Vererbungsforschung. Flemming untersuchte ferner den Verlauf der während der Teilung spindelförmig angeordneten Achromatinfäden, dagegen wurde das kleine, für diese Anordnung so wichtige Zentralkörperchen, das Centrosoma, erst später untersucht, hauptäschlich von Flemming und Boveri. Der letztere und van Beneden entdeckten schließlich seine Teilung bei der Zellvermehrung. Besonders Boveris Centrosomastudien waren eingehend und von grundlegender Bedeutung. Er bezeichnete dieses Gebilde als das dynamische Zentrum, das die Kern- und Zellteilung vermittelt, und das er auch im Mittelstück der Spermatozoen wiedererkannte.

Während der Kern in den verschiedenen Lebensformen das konservative Element vertritt — die Chromosomen sind, wie bekannt, in allen Zellen eines Individuums gleich viele und gleich geformt — bereitete das Protoplasma der Zelle und seine vielen verschiedenen Derivate neue Probleme durch ihren Formenreichtum, der immer größer wurde, je mehr solcher Gebilde man untersuchte. Die Grundsubstanz selbst, welche fortlaufend den ungefügen und unlogischen Namen Protoplasma trägt, ist von vielen Forschern untersucht worden und hat zu vielen Deutungsversuchen Veranlassung gegeben. Diese gruppieren sich im allgemeinen um drei verschiedene, auf Beobachtungen beruhende Theorien, die nach ihren Urhebern als Bütschlis Schaumtheorie, Flemmings Filartheorie und Altmanns Granulatheorie bezeichnet werden, wenn wir von den auf rein spekulativem Boden stehenden Versuchen, die Grundsubstanz des Lebens zu erklären, absehen wollen. Die Schwierigkeiten, welche hauptsächlich bei allen diesen Erklärungen mitspielen und ihre Widersprüche bedingen, liegen in der Veränderlichkeit, die dem lebenden Protoplasma stets anhaftet und eine notwendige Folge ist seiner Rolle als Träger aller Stoffwechselvorgänge in den Zellen und den aus ihnen zusammengesetzten Organismen. Auch der Kern zeigt Stoffwechselerscheinungen, und man hat gefunden, daß die Lebensäußerungen der Zelle letzten Endes ihre Impulse aus der Gegend des Kernes erhalten, daß aber diese Lebensäußerungen sich im wesentlichen jedenfalls in der Plasmasubstanz abspielen, und daß sie sowohl chemischer als auch physikalischer Natur sind. Die physikalischen Erscheinungen, Bewegungen jeder Art, werden

stets durch chemische Umsetzungen bedingt und verursachen ihrerseits wieder chemische Vorgänge.

Bütschlis Schaumtheorie ist ein im wesentlichen physikalischer Versuch, die Struktur des Protoplasmas zu erklären. Er betont zwar wiederholt die Stoffwechselphänomene der Zelle, nimmt aber auf sie wenig Rücksicht. Hauptsächlich ausgehend von der stark vakuolisierten Substanz der niedersten Protozoen, besonders der Amoeben mit ihren deutlichen Strömungserscheinungen, faßt er das lebende Protoplasma auf als eine flüssige Masse, der Struktur nach identisch mit einer Emulsion, die man erhält, wenn man Öl und Sodalösung zusammenschüttelt. Diese rein mechanische Mischungstheorie hat er hernach mit Hilfe einer Reihe von Experimenten sinnreicher Art weiter ausgeführt. Durch verschiedene Lösungen und Mischungen gelang es ihm und einer ganzen Schule von Forschern, in überraschend naturgetreuer Weise eine Menge höchst komplizierter Bewegungen und Strukturen der lebenden Zellsubstanz nachzubilden. Daß die mechanischen Phänomene, die bei diesen Versuchen Bewegungen in einem gewissen Substrat hervorbringen, auch bei den Plasmabewegungen wirksam sein können, kann natürlich nicht geleugnet werden, aber als Reproduktion von Lebensphänomenen besitzen sie den großen Fehler, daß sie die in der lebenden Substanz ununterbrochen vor sich gehenden chemischen Umsetzungen gar nicht berücksichtigen, denn die sich bewegende Ölemulsion bleibt chemisch stets, was sie war, während eine kriechende Amoeba ständig ihre chemische Zusammensetzung ändert, so daß Bewegung und chemischer Stoffwechsel untrennbar voneinander abhängig sind. Unbefriedigend ist auch die aus obigem hervorgehende Annahme, als sei die Grundsubstanz des Lebens flüssig, und diese Theorie, die an und für sich wenig zusagend ist, ist von der modernen Kolloidchemie aufgegeben worden, worüber im folgenden näher berichtet wird.

Mehr Rücksicht auf die chemischen Verhältnisse nimmt zweifellos Flemmings Filartheorie. Nach dieser besteht das Protoplasma aus einem Netzwerk von Fäden, die in eine homogene Grundsubstanz eingebettet sind. Diese Strukturen fand er hauptsächlich in der Zellmasse bei verschiedenen Gewebselementen, in Eizellen, in Knorpel- und Drüsenzellen höherer Tiere. Die Stoffwechselvorgänge werden seiner Meinung nach begleitet von Veränderungen in der Fadensubstanz und in der Grundsubstanz, die im einzelnen bei verschiedenen Objekten zu untersuchen sind. Die Fäden können sich gelegentlich in Kanäle und Vakuolen auflösen und dadurch die Stoffwechselprodukte nicht nur innerhalb der Zelle, sondern auch von Zelle zu Zelle leiten, da diese nachweislich in der Mehrzahl der Fälle durch Brücken von Fadensubstanz miteinander verbunden sind. Auf diese Weise sind die Zellen zwar Struktur-

elemente des Körpers, zugleich aber auch Elemente einer gemeinsamen Lebenseinheit, und ihre Selbständigkeit darf nicht übertrieben werden.

Entgegen diesen beiden Theorien, die den achtziger Jahren angehören, trat ein wenig später die Altmannsche Granulatheorie auf. Richard Altmann (1852—1901), Professor in Leipzig, richtete in erster Linie seine Aufmerksamkeit auf die Grundsubstanz, in der das oben geschilderte Plasmanetzwerk eingebettet liegt, und fand in ihr mit Hilfe geeigneter Färbemittel eine Menge körnchenähnlicher Gebilde, die „Granula", die in verschiedenen Zellen verschieden waren. In diesen sieht er die wahre Grundsubstanz der Zelle, und auch in den nach Flemmings Methoden dargestellten Fadenstrukturen meint er die Zusammensetzung aus solchen Körnchengebilden zu erkennen. In der Tat haben sich viele seiner Beobachtungen bestätigt. Besonders in den Drüsenzellen tritt das sich bildende Sekret zuerst in Form von homogenen Körnchen auf, welche allmählich an Größe zunehmen und tropfenförmig werden. Aber auch in einer großen Menge anderer Zellen treten ähnliche Körnchenstrukturen auf als Ausdruck des Stoffwechsels in der Zelle, wie z. B. in Nerven- und Muskelzellen, worüber weiterhin die Rede sein wird. Altmann sieht aber in diesen Körnchenbildungen weit mehr. Er nennt sie Bioblasten und hält sie für die wahren Elementarorganismen, aus denen Zellen und Gewebe zusammengesetzt seien wie Bakterienkolonien aus einzelnen Bakterien. Ja er erklärt diese Protplasmakörnchen für gleichwertig den Mikroorganismen und will hiermit seinen Beitrag zur Lösung des Lebensrätsels beisteuern, das durch den Vergleich von Bioblast und Kristall, die er, wenn auch nur hypothetisch, gleichstellt, noch erweitert wird. Diese Phantasien haben natürlich wenig Anklang gefunden, aber besser begründet ist Altmanns bestimmte Behauptung, daß die lebende Substanz fest und nicht flüssig sein müsse, was er aus seiner Granulatheorie im Gegensatz zu Bütschlis oben angeführten Experimenten und Spekulationen folgert.

Diese Körnchenstruktur der Zellsubstanz ist später von vielen Forschern studiert worden und hat eine unzählige Menge von Namen erhalten, wie Mitochondrien, Chondriosomen und verschiedene andere. Sie werden durch verschiedene Färbemethoden sichtbar gemacht, können aber auch unter günstigen Umständen am lebenden Objekt gesehen werden, was zur Annahme berechtigt, daß sie keine reinen Kunstprodukte sind. Dasselbe gilt übrigens auch von den beiden anderen Plasmastrukturen, der Faden- und Schaumstruktur. M. Heidenhain weist mit Recht darauf hin, daß alle drei Strukturformen in einer und derselben Zelle vorkommen können. Dieses beweist aber auch, daß keine von diesen Strukturtheorien einer einheitlichen Auffassung von der wirklichen Zusammensetzung der lebenden Materie zugrunde gelegt werden kann.

Heidenhain meint daher, daß die allem lebenden Plasma gemeinsame Struktur jenseits des mikroskopisch Sichtbaren zu suchen sei, daß es in einem System kleinster Teilchen bestehe, die die Eigenschaften des Lebens, namentlich die Vermehrung durch Teilung besäßen und aus denen die sichtbaren Zellstrukturen aufgebaut wären. Diese ultramikroskopischen Teilchen, die man also nicht sehen kann, deren Annahme er aber für unabweisbar notwendig hält, nennt er Plasomen. Näher auf seine Spekulationen hierüber einzugehen, hat keinen Wert, denn man erkennt ja sofort, daß wir es hier nur mit einem neuen Namen für Haeckels Plastidulen, Darwins Gemmulae und eine Unzahl ähnlicher Gedankenerzeugnisse zu tun haben, unbekannten Größen, die weder beobachtet noch theoretisch berechnet werden können und daher von selbst aus dem Lebensproblem ausscheiden. Die ultramikroskopische Technik hat seitdem verschiedene Einblicke auch in die Zusammensetzung der lebenden Substanz ermöglicht über das hinaus, was das Mikroskop uns zeigen kann, aber auch auf diesem Wege ist es nicht gelungen, eine kleinere Lebenseinheit zu entdecken als die Zelle, die einstweilen mit allen ihren Komplikationen die kleinste Form ist, in der die lebende Substanz selbstständig und unabhängig von anderen lebenden Einheiten auftritt, so weit eben unsere Erfahrungen reichen. Zweifellos wertvoller sind die Beiträge hinsichtlich der Zusammensetzung der Zelle gewesen, die wir der chemischen Forschung unserer Tage zu verdanken haben und von denen im folgenden die Rede sein wird.

Während also das innerste Wesen der Grundsubstanz der Zelle nicht enträtselt werden konnte, hat man vielseitig und sorgfältig die Menge von Erzeugnissen der Zellen studiert, aus denen sich die Körpergewebe aufbauen. Unter den bahnbrechenden Forschungen auf diesem Gebiete sind des älteren Heidenhains Untersuchungen über die Drüsensekretion beim Menschen und den höheren Tieren zu nennen, durch die besonders der mikroskopische Bau der Speicheldrüsen und das Verhalten ihrer Zellen zur Beschaffenheit ihres Sekretes zum ersten Male beleuchtet wurde. In seine Fußstapfen traten Flemming, Altmann, der jüngere Heidenhain und viele andere Zytologen, welche Beobachtungen und Zusammenstellungen über verschiedene Vorgänge in den Epithelzellen, sowohl sezernierenden, als auch resorbierenden, in verschiedenen Organen und auf der Oberfläche des Körpers anstellten und veröffentlichten. Auf diesem Gebiete spielte das Studium der Entstehung und Entwicklung von Granulagebilden eine besonders bedeutungsvolle Rolle.

Ein anderes Gebiet, das die moderne Zytologie viel beschäftigt hat, ist das Nervensystem. Der sehr verwickelte Bau dieses Systems trotzte lange allen Versuchen seiner Erforschung, bis endlich Methoden

erfunden wurden, durch die es gelang, einzelne Elemente allein zu färben und so ihren ganzen Verlauf zu ermitteln. Zu diesen „elektiven“ Methoden gehört die Imprägnierung mit Metallsalzen, die in verschiedener Form vom Italiener Camillo Golgi, geboren 1844, Professor in Pavia, und dem Spanier Santiago Ramon y Cajal, geboren 1852, Professor in Madrid und vorzüglichem Kenner der Elemente des Nervensystems in der ganzen Tierreihe, angewendet wurde. Unter den Arbeiten des letzteren ist besonders das monumentale Werk „Histologie du système nerveux“ zu erwähnen. Auch der Ungar Stefan Apathy (1863—1923), Professor in Klausenburg, hat in dieser Hinsicht erfolgreich gearbeitet. Eine andere ergiebige Methode der Nervenforschung war die intravitale Färbung mit Methylenblau, die von Paul Ehrlich (1852—1915), einem Schüler von Koch und Leiter eines hygienischen Laboratoriums in Frankfurt a. M., erfunden und unter anderen von A. Bethe, Professor in Straßburg, und S. Dogiel, Professor in Petersburg, angewendet wurde. Ferner haben der alte Kölliker und der Franzose Louis Antoine Ranvier (geb. 1835), Professor in Paris, das Nervensystem bearbeitet. Die neurologische Forschung hatte es zum Teil darauf abgesehen, den Bau der Nervenzellen selbst und die Veränderungen in ihnen in verschiedenen Stadien ihrer Tätigkeit zu studieren. Als einen Ausdruck des Stoffwechsels in ihrem Protoplasma hat man die während der Ruhestadien angesammelten und bei Reizung verschwindenden Granulagebilde bezeichnet, welche unter dem Namen Tigroidsubstanz nach ihrem Aussehen oder Nisslsche Körper nach ihrem Entdecker, dem Hospitalarzt Friedrich Nissl in Frankfurt a. M., bekannt sind. Noch mehr Interesse hat man jedoch der Frage von der Verbindung zwischen den Nervenelementen entgegengebracht, die ja auch in physiologischer Hinsicht von größter Bedeutung ist. Auf diesem Gebiete gab es zwei einander widersprechende Theorien. Schon His hatte seinerzeit beobachtet, daß aus embryonalen Nervenzellen Fäden herauswachsen, die sich fortlaufend verlängern. Hernach wurde unter anderem durch Kölliker, Cajal und Retzius die Ansicht vertreten, daß auf diese Weise das Nervensystem aus einer Anzahl voneinander unabhängiger Elemente gebildet werde, die, aus je einer Zelle mit zugehörigem Nervenfaden bestehend, nur durch Berührung mit ihren Nachbarn verbunden wären. Im Gegensatz hierzu behauptete Apathy, die Nervenfäden bildeten sich in je einer ganzen Reihe von Zellen und ihre Verzweigungen erstreckten sich nicht nur bis, sondern auch in das Plasma von Ganglienzellen. Der Streit zwischen diesen beiden Richtungen war eine Zeitlang recht lebhaft und scheint ohne deutlichen Sieg einer von beiden Parteien verstummt zu sein.

Neben dem Nervensystem erregte die Muskulatur schon früh die Aufmerksamkeit der Zytologen. Besonders war es die quergestreifte,

deren komplizierter Bau lange allen Erklärungsversuchen trotzte. William Bowman (1816—1892), Professor der Physiologie in London, war der erste, der einiges von Bedeutung zur Lösung dieses Problemes beitrug. In einer Abhandlung aus dem Jahre 1840 schildert er die Zusammensetzung des Muskels aus Fibrillen, die von einer Grundsubstanz, die er Sarcolemma nennt, umgeben sind und die sich in Querscheiben von verschiedener Dichtigkeit teilen lassen. In der Folgezeit hat die Muskelhistologie viele Bearbeiter gefunden. Die wichtigsten Fortschritte knüpfen sich an die Namen Alexander Rollett (1834—1903) und Theodor Wilhelm Engelmann (1843—1909), zweier Professoren der Physiologie, in Graz der erste und der zweite zuerst in Utrecht, später in Berlin. Das Verdienst beider war die Ermittelung der regelmäßigen Anordnung der Querstreifen im Muskel. Von Rollett stammt die noch heute geltende Bezeichnung dieser Gebilde mit Buchstaben. Engelmann, ein Schüler von Gegenbaur und hervorragender Forscher auf vielen Gebieten, hat besonders die physikalischen Eigenschaften des Muskels studiert, das Verhalten der verschiedenen Elemente in normalem und polarisiertem Licht, bei der Zusammenziehung und bei der Erschlaffung. Diese Ergebnisse führten zu einer einseitigen physikalischen Auffassung der Muskelarbeit, die durch die Untersuchungen von Helmholtz und anderen Physiologen über die Mechanik der Muskelarbeit noch gefördert wurde, die aber später dank den Untersuchungen, unter anderen von M. Heidenhain, E. Holmgren in Stockholm und A. Prenant in Paris, einer anderen mehr morphologischen weichen mußte.

Hinsichtlich der verschiedenen Kategorien von Stützgeweben, wie Bindegewebe, Knorpel, Knochen, müssen wir uns kurz fassen. Auf diesem Gebiete sind eine Menge technisch meisterhafter und prinzipiell wichtiger Untersuchungen, unter anderen von Ranvier, Flemming und Studnička, ausgeführt worden[1]).

Der unbedingt größte Gewinn, den die Zellforschung der Biologie eingebracht hat, ist die Kenntnis von Verlauf und Bedeutung der Befruchtung, eine Entdeckung, die würdig der Ermittlung des Blutkreislaufes im 17. Jahrhundert an die Seite gestellt werden kann. Vergleicht man jedoch den Verlauf dieser beiden großartigen Forschertaten, so erhält man einen deutlichen Eindruck vom Gegensatz zwischen der wissenschaftlichen Arbeit jetzt und der vor zwei Jahrhunderten. Einerseits sehen wir Harvey während einiger Jahrzehnte in aller Ruhe den Gedanken erwägen, der in seiner Jugend wach wurde, und der zum Schluß in einer vollendet abgeschlossenen Form der Welt vorgelegt wird. Anderer-

1) Berichte über die Entwicklung der Zellforschung in neuerer Zeit finden wir in dem Werke „Traité de cytologie“ von Prenant, in M. Heidenhains „Plasma und Zelle“, und in anderen Lehrbüchern der Histologie.

seits haben wir jetzt eine Menge Forscher, von denen einige anerkanntermaßen höchsten Ranges sind, und die in gleichzeitigem Wettbewerb am Befruchtungsproblem arbeiten, ihre Ergebnisse oft in halbfertiger Form und sehr berichtigungsbedürftig jedes Jahr veröffentlichen und hernach um ihr Recht an den entdeckten Einzelheiten streiten, da ein jeder Äußerungen, die oft anfangs nur als Annahmen oder Andeutungen gemeint waren, zu seinem Vorteil zu deuten bestrebt ist. Eine Darstellung des Entwicklungsganges der Erkenntnis von der Entstehung des individuellen Lebens bis zu ihrer endlichen Formulierung dürfte darum schwerlich so erbaulich sein, wie Harveys Lebenswerk.

Die Ursache, warum die Wissenschaft erst so spät zur Klarheit über das Befruchtungsphänomen kam, liegt natürlich in erster Linie darin, daß die Kenntnis von seiner Vorbedingung, der Zelle, so lange unvollkommen war. Und besonders war, wie O. Hertwig treffend bemerkt, der Begriff des Zellkernes noch um 1870 herum höchst unklar. Man sah ein bläschenförmiges, homogenes Gebilde in der Mitte der Zelle und machte sich keine klare Vorstellung darüber, was es zu bedeuten hätte. Man glaubte freilich beobachtet zu haben, daß es bei gewissen Gelegenheiten verschwand, und daß letzteres besonders bei der Eizelle der Fall war, was nach Haeckels biogenetischem Grundgesetz, nach welchem jedes Lebewesen aus einem völlig undifferenzierten Plasmaklumpen entstehen sollte, durchaus begreiflich schien. Daß bei der Befruchtung ein oder mehrere Spermatozoen in das Ei eindrangen, hielt man für wahrscheinlich, war sich aber über ihre Rolle gar nicht klar. Im allgemeinen begnügte man sich mit der Annahme einer Art von chemischer oder physikalischer Einwirkung auf die Eizelle, durch welche ihre schon früher studierten Furchungsstadien zustande kämen. Die oben angeführten Erscheinungen bei der Kernteilung sind ja zum Teil an der Eizelle studiert worden. Fol hatte das Strahlungsphänomen bei der Teilung beobachtet und Bütschli die Kernspindel selbst, aber niemand hatte sich noch ein klares Bild vom ganzen Verlauf gemacht.

Im Jahre 1875 verbrachte O. Hertwig einige Monate am Mittelmeer und fand dort in dem gewöhnlichen Seeigel ein für Studien über Befruchtung und Eientwicklung besonders geeignetes Objekt, da seine Eier durchsichtig sind, zahlreich vorkommen und sich schnell entwickeln. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen an Seeigeleiern veröffentlichte er in einer Habilitationsschrift beim Antritt der Dozentur in Jena. Unter den dieser Schrift beigefügten Thesen hat die erste folgenden Wortlaut: „Die Befruchtung beruht auf der Verschmelzung von geschlechtlich differenzierten Zellkernen“. Diese Behauptung, die in der Schrift selbst näher beleuchtet wird, enthält eigentlich das wesentliche unserer heutigen Befruchtungslehre. Auch eine andere von seinen Thesen ist bedeutungs-

voll, nämlich die Behauptung, daß das Ei kein Monerenstadium durchlaufe, die der Theorie seines Lehrers Haeckel direkt widerspricht. Im übrigen ist diese Arbeit noch in vielen Dingen recht unvollkommen. So wird vermutet, daß sich der sogenannte Befruchtungskern im Ei aus dem Keimfleck des Ovarialeies entwickele, während der Rest der Keimblase verschwinde, und das soll für das ganze Tierreich gelten. Richtungskörperchen wurden nicht beobachtet, und ebenso wenig das Eindringen des Spermatozoons in das Ei. Dagegen wird beschrieben und abgebildet, wie im Ei zwei Kerne sich einander nähern und verschmelzen, von denen der eine von der Eioberfläche aus heranrückt und deshalb als der Kern des männlichen Geschlechtsproduktes bezeichnet wird. Übrigens hatten schon früher Bütschli u. a. die Vereinigung zweier Kerne im befruchteten Ei beobachtet, aber aus dieser Entdeckung keine allgemeinen Schlüsse gezogen. Van Beneden hatte gleichzeitig mit O. Hertwig einen Bericht über einige Befruchtungserscheinungen bei Säugetiereiern veröffentlicht und dabei den Gedanken ausgesprochen, daß von den beiden auch von ihm beobachteten Kernen im kürzlich befruchteten Ei der eine männlichen und der andere weiblichen Ursprunges wäre, aber äußert seine Ansicht nur sehr vorsichtig als eine Vermutung, „die man annehmen oder verwerfen könne“. Den Grundsatz, daß die Befruchtung in der Vereinigung des männlichen und weiblichen Kernes bestehe, hat also unwiderruflich zuerst Oscar Hertwig ausgesprochen, und er ist es, der zuerst die Bedeutung dieses Phänomens erkannt hat und dem dafür die Ehre gebührt.

Langsam und unter Mitwirkung verschiedener Forscher schritt die Kenntnis von der Befruchtung vorwärts. Fol war der erste, der (1879) wirklich das Spermatozoon ins Ei eindringen sah und damit feststellte, was schon O. Hertwig angenommen hatte, daß eine einzige männliche Zelle die Befruchtung ausführt. O. Hertwig setzte seine Studien über die Befruchtung fort und arbeitete sich Schritt für Schritt zu immer größerer Klarheit durch. In einer Arbeit über die Befruchtung der Würmer spricht er ausdrücklich über die Ausstoßung der Polkörperchen, welche, wie wir wissen, von Sven Lovén, vielleicht noch früher vom alten Carus, beschrieben worden sind, und stellt ihre Entstehung durch indirekte Kernteilung fest, ohne ihnen aber eine größere Bedeutung, als die eines mehr zufälligen Befruchtungsphänomens, zuzuschreiben. Später erst fand er sie bei seinem ersten Objekt, dem Seeigelei. Den nächsten großen Schritt zur Lösung des Befruchtungsrätsels tat Flemming, indem er im Jahre 1879 die Längsspaltung der Chromosomen bei der indirekten Kernteilung feststellte, die hernach von Retzius und Strasburger bestätigt wurde. Im Jahre 1883 veröffentlichte van Beneden eine Untersuchung über die Befruchtung des Eies vom Pferdespulwurm, Ascaris

megalocephala, das sehr wenige und große Chromosomen hat. Bei diesem Tier fand er und stellte dasselbe später auch bei anderen fest, daß alle Zellen eines Tieres gleich viel Chromosomen haben. Im Anschluß hieran entdeckte er ferner die Reduktion der Chromosomen in den Geschlechtszellen, d. h. daß bei der Reifungsteilung die Anzahl der Chromosomen sich sowohl in der männlichen als auch in der weiblichen Geschlechtszelle auf die Hälfte der normalen Zahl verringert, um während der Befruchtung durch Vereinigung der männlichen und weiblichen Chromosomen wieder die Normalzahl zu erreichen. Etwas später entdeckte Carl Rabl (1853—1917), Professor in Leipzig, die Individualität der Chromosomen, die darin besteht, daß jedes Chromosom von einem bestimmten, ihm in Form und Größe gleichenden in der Mutterzelle abstammt. Und schließlich entdeckte (1902) der Amerikaner W. S. Sutton das sogenannte akzessorische Chromosom, welches bei der Kernteilung eine besondere Stellung einnimmt. Alle diese Tatsachen haben in der modernen Vererbungsforschung eine entscheidende Rolle gespielt und werden im folgenden noch besprochen werden.

Durch diese in äußerster Kürze angeführten Untersuchungen über die Befruchtung[1]) erhielt die Kenntnis von den Lebenserscheinungen einen Zuwachs, dessen Wert schwerlich überschätzt werden kann, zumal dieselben Befruchtungsphänomene, die Vereinigung männlicher und weiblicher Kerne, die Chromatinreduktion und die Chromosomenindividualität, zugleich auch im Pflanzenreiche festgestellt wurden. Alle diese Vorgänge spielen sich mit gewissen Abänderungen, aber sonst nach demselbsen Grundprinzip bei jedem mehrzelligen Organismus ab. Und hierdurch erhält das Leben eine Einheitlichkeit, die realer und beweisbarer ist, als die hypothetische gemeinsame Abstammung des Darwinismus. Auch bei den niedersten einzelligen Organismen, gleichviel ob sie zum Tier- oder Pflanzenreiche gerechnet werden, hat man ähnliches in der Entwicklung feststellen können. Und zur Betrachtung dieser Formen gehen wir hiermit über.

3. Mikrobiologie.

Die Darwinisten der älteren Schule, namentlich Haeckel, interessierten sich, wie wir wissen, in hohem Grade für die allerniedersten Tierformen, von denen sie neue Aufschlüsse hinsichtlich der Entstehung des Lebens auf der Erde erwarteten, Entdeckungen, die den Abgrund zwischen lebender und unbelebter Substanz ausfüllen und damit die große Entwicklungsreihe im Weltall vereinheitlichen sollten. Diese

1) O. Hertwig gibt in seinem Aufsatz „Dokumente zur Geschichte der Zeugungslehre“ (Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. 90) eine Übersicht über die Geschichte der Befruchtungsforschung bis zum Jahre 1917.

Hoffnungen, gleichviel ob sie sich an Huxleys Bathybiusschlamm oder an Haeckels Moneren klammerten, wurden jedoch nicht erfüllt. Der Bathybius erwies sich als ein lebloser Kalkniederschlag, und bei den Moneren fand man Kerne und andere von einem gewöhnlichen Zellenbau zeugende Einzelheiten der Organisation. Und der Bau dieser niedersten Organismen erwies sich in hohem Grade kompliziert im Vergleich sogar mit den einzelnen Zellen, welche die höchsten Organismen bilden helfen. Es blieb also nichts anderes übrig, als durch emsige Erforschung der Einzelheiten die Kenntnis von diesen Wesen zu vertiefen, deren Lebensäußerungen in vielen Fällen geeignet waren, Fragen von größtem theoretischem Interesse zu beantworten, ganz abgesehen von den großen praktischen Aufgaben, die durch erweiterte Kenntnisse auf diesem Gebiete gelöst wurden.

Unter den einzelligen Organismen waren, wie wir sahen, die Protozoen am frühesten bekannt, und die ersten Schritte auf diesem Forschungsgebiete sind bereits im vorhergehenden geschildert worden. Unter denen, die in der neueren Zeit die einzelligen Tiere bearbeitet haben, sind in erster Linie Bütschli und Richard Hertwig als erfolgreiche Forscher und vorzügliche Lehrer zu nennen. Die Protozoen zeigten einen Reichtum an verschiedenen Formen und Strukturen sowohl des Protoplasmas, als auch der Kerne, der der Zytologie im allgemeinen ein unschätzbares Vergleichsmaterial darbot. Bütschlis Untersuchungen über ihr Protoplasma und die Veränderungen in ihm während verschiedener Zustände wurden bereits oben angeführt. Wenn die älteren Forscher in den Protozoen durchweg undifferenziertes Plasma sehen wollten, so ist diese Annahme durch die Erfahrung gründlich widerlegt worden, denn die höheren einzelligen Tiere besitzen im Gegenteil eine Mannigfaltigkeit an Plasmagebilden von ausgesprochen organartigem Charakter, wie Wimpern und Geißeln, Vakuolen und Muskelfasern. Und ihre Lebensäußerungen zeigten bei genauerer Untersuchung gleichfalls eine ungeahnte Mannigfaltigkeit. Schon ihre Art, auf die verschiedensten Reize zu reagieren, bildet ein wichtiges Untersuchungsgebiet der experimentellen Biologie.

Von besonderem Intersse sind die Kerne der Protozoen wegen ihres großen, in den Zellen der höheren Tiere nie erreichten Formenreichtums und ihrer dem entsprechenden mannigfaltigen Funktionen. Auf diesem Gebiete hat R. Hertwig seine bedeutendsten Beiträge zur Entwicklung der Biologie geliefert. Zuerst stellte er fest, daß der Kern der Protozoen dieselben Bestandteile enthält, wie Zellkerne überhaupt, nämlich Chromatin, Linin und Kernkörperchen. Außerdem aber findet man in vielen Fällen Chromatinsubstanz im Zellplasma in Form von Körnchen oder Netzen verteilt, und bisweilen geht der ganze Kern darin auf, was an die Bakterien erinnert, bei denen das Chromatin stets im Zellkörper verteilt ist, und zugleich einen Teil von Haeckels Moneren erklärt. Auf der Anwesen-

heit des Kernes beruht die Assimilationsfähigkeit der Protozoen, denn ein kernloses Stück eines solchen stirbt wegen des fehlenden Stoffwechsels. Noch wichtiger ist das Verhalten des Protzoenkernes bei der Vermehrung der Tiere, wo er bei der gewöhnlichsten Fortpflanzungsart, der Teilung, diese einleitet und verschiedene Erscheinungen zeigt. In manchen Fällen teilt sich der Kern direkt mittels einfacher Durchschnürung, oder aber mittels einer regelrechten Mitose mit Centrosomenteilung und Spindelbildung. Dazwischen gibt es auch eine Anzahl von Zwischenformen. Nach der Teilung wachsen Kern und Plasma in verschiedenem Tempo, bis zwischen ihnen ein gewisses Volumverhältnis erreicht ist. Dann tritt eine neue Teilung ein. Diese von R. Hertwig Kernplasmarelation genannte Erscheinung ist also für die Vermehrung entscheidend und nicht, wie früher angenommen wurde, das Wachstum über das normale Maß hinaus, denn dieses kann bei einer und derselben Art sehr variieren. Noch bemerkenswerter sind die Vorgänge, die R. Hertwig bei der Konjugation der Protozoen entdeckt hat, d. h. bei der Verschmelzung zweier Individuen, die unter gewissen Umständen der Teilung voraufgeht. Bei einer Menge Protozoen ist außer dem gewöhnlichen großen Kern noch ein kleiner Kern, Mikronukleus genannt, vorhanden, der sich vor der Konjugation zweimal teilt. Drei von den Teilkernen gehen zugrunde, während der vierte sich mit dem entsprechenden der konjugierenden Nachbarzelle vereinigt, worauf aus dem Produkt der Vereinigung neue Kerne auch an Stelle der unterdessen zerfallenen großen Kerne entstehen. In den drei verschwindenden Teilkernen hat man etwas den Richtungskörperchen der Eizelle höherer Tiere entsprechendes zu sehen gemeint, während man den sterbenden großen Kern mit dem Körper eines höheren Tieres verglichen hat, welcher stirbt, während die Geschlechtszellen, in diesem Falle die konjugierenden Teilkerne, die Lebensform fortpflanzen. Inwiefern dieser Vergleich vielleicht zu weit geht, mag die Zukunft entscheiden. Aber eines ist sicher, daß hierdurch eine Menge Lebenserscheinungen von allgemeinem Interesse in ganz neuem Lichte erscheinen, und daß die Einheitlichkeit der Grundphänomene des Lebens aufs neue bestätigt worden ist.

Noch bedeutungsvoller waren indessen die Fortschritte auf dem Gebiete der Bakteriologie, denn in dieser Zeit wurde die Rolle der Bakterien als Krankheitserreger festgestellt und zugleich auch ihre Biologie ermittelt. Schon lange waren Theorien über kleine lebende „Krankheitskeime“ als Ursachen besonders der großen Seuchen im Umlauf. Während der Renaissance war eine solche Hypothese von dem italienischen Arzte Girolamo Fracastoro (1483—1533) aufgestellt worden. Linné hatte, wie bekannt, ähnliche Ideen gehabt. Fördernd für diese Theorien wurde die Entdeckung der Hefenpilze in den dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts, und besonders Henle interessierte sich für „Parasiten“ als

Krankheitserreger, deren Vorhandensein durch folgendes bewiesen werden sollte: konstantes Vorkommen, Isolierung gegen fremde Beimischung und Reproduktion des Krankheitsbildes mittels des isolierten Parasiten. Diese Bedingungen waren jedoch schwer zu erfüllen, und nicht einmal Pasteur, der doch die moderne Bakteriologie begründet hat, konnte ein Mittel finden, um die zu untersuchenden Mikroorganismen sicher zu isolieren, d. h. Reinkulturen von ihnen herzustellen. Er hatte freilich an der Artbeständigkeit der Mikroorganismen festgehalten, aber andere Forscher von höchstem Ansehen hatten im Gegenteil den „Pleomorphismus" dieser Wesen behauptet, d. h. daß eine Form in eine ganz anders beschaffene übergehen könne. So hatte unter anderen Lister, der bekannte Erfinder des antiseptischen Verbandes, sich zu dieser Frage gestellt und auch der berühmte Botaniker Nägeli. Es war indessen Koch, der unter diesen Verhältnissen seinen großen Beitrag zur Entwicklung der Bakteriologie lieferte.

Heinrich Hermann Robert Koch wurde im Jahre 1843 in einer Bergmannsfamilie im Harz geboren, studierte bei Henle in Göttingen und wurde Kreisarzt in einer kleinen Stadt in Pommern. Dort herrschte der Milzbrand schwer unter dem Vieh, und der junge Doktor fühlte sich berufen, das Problem dieser Krankheit in Angriff zu nehmen. Schon früher hatte ein französischer Arzt Casimir Joseph Davaine (1812—1882) in Paris kleine stäbchenförmige Gebilde im Blute milzbrandkranker Tiere gefunden und experimentell ihre Rolle als Erreger dieser Krankheit festgestellt. Es war ihm aber nicht gelungen, ihre Entwicklungsgeschichte und die Art ihrer Verbreitung zu ermitteln. Koch nahm die Frage von neuem auf, besiegte alle Schwierigkeiten, die sich einem Kleinstadtarzt in den Weg stellen, wenn er experimentelle Forschung treiben will, und es gelang ihm, die ganze Entwicklungsgeschichte der Milzbrandmikroben klarzulegen. Er beobachtete, wie sie, in das Blut eines Tieres gebracht, sich durch wiederholte Teilung enorm vermehrten, um sich nach dem Tode des Tieres unter günstigen Verhältnissen in Sporen von großer Widerstandskraft zu verwandeln, die in einen neuen Wirt gelangt, von neuem die Entwicklung begannen. Das geniale bei diesen Versuchen von Koch war, daß es ihm gelang, eine einfache und dabei äußerst wirksame Technik auszuarbeiten, und auf diesem Gebiete hat er hernach seine größten Erfolge gehabt. Die Milzbrandmikroben wurden von ihm anfangs in einer feuchten Kammer in Serum gezüchtet, aber bald erfand Koch die Methode der Züchtung von Bakterien auf Gelatine, einem Nährboden, der durch geringe Temperaturänderung bald flüssig, bald fest sein kann, und auf dem es leicht ist, die Bakterien zu isolieren und vollkommen reine Kulturen zu erhalten. Diese Methode, die in ihrer Einfachheit zu den sinnreichsten Erfindungen unserer Zeit gehört, bildete fortan die Grund-

lage, auf der sich die ganze Mikrobenforschung unserer Zeit entwickelt hat. Außerdem aber führte Koch auch noch die Methode der Anilinfärbung beim Studium der Bakterien ein, die seitdem vielfach vervollkommnet, es ermöglichte, daß unzählige, sonst unsichtbare Mikroorganismen entdeckt und beschrieben werden konnten. Um das Studium so kleiner Objekte unter dem Mikroskope zu erleichtern, konstruierte nach Kochs Angaben der Physiker Abbe in Jena den Beleuchtungsapparat, der heutzutage ein unentbehrliches Hilfsmittel bei allen Arbeiten mit starken Vergrößerungen bildet.

Kochs erste Entdeckungen wurden sogleich berühmt, und er selbst erhielt einen Ruf an das Gesundheitsamt in Berlin, als dessen Leiter ihm großartige Mittel zur Verfügung standen. In der darauf folgenden Zeit glückte es ihm denn auch, zwei große Taten zu vollbringen, nämlich die Entdeckung des Tuberkelbazillus und der Choleramikrobe. Das von ihm als spezifisches Heilmittel gegen Tuberkulose gedachte Tuberkulin erwies sich freilich als ein Irrtum. Aber von großem Wert war dagegen seine Reform der Desinfektionstechnik, die Abschaffung älterer nutzloser Mittel, wie Räucherung mit Schwefel und Besprengung mit Karbol, und die Einführung neuer, experimentell geprüfter und darum erfolgreicher Desinfektionsmethoden.

Zu Kochs Wirken gehört auch die Ausbildung einer ganzen Schar von Schülern, die aus allen Ländern seinem Laboratorium zuströmten und hernach überall seine Methoden verbreiteten. Unter diesen mögen genannt sein F. J. S. Löffler (geb. 1852), der Entdecker der Diphtherie-, Rotz- und Schweinepestmikroben, und Emil Behring (1854—1917), Professor in Marburg, der Schöpfer der Serumtherapie. In seinem Alter war Koch selbst natürlich die erste Autorität in allem, was Infektionsfragen betraf, unternahm viele Reisen, besonders in die Tropen, zur Untersuchung der dort vorkommenden Infektionskrankheiten und um Abhilfe zu schaffen. Von despotischem Charakter und verwöhnt durch seine frühen Erfolge berücksichtigte er in seinen älteren Jahren weder die neuesten Entdeckungen noch ihre Urheber, und hatte deshalb gelegentlich Konfikte, die dem Fortschritt der Wissenschaft wenig förderlich waren. Trotz zunehmender Kränklichkeit arbeitete er bis zu seinem Tode, der 1910 infolge eines Herzschlages eintrat.

In derselben Zeit, als zur Erforschung der krankheitserregenden Mikroorganismen ein ganz neuer Zweig der Wissenschaft ins Leben gerufen wurde, machte man sich auch an das Studium der mit ihnen verwandten Hefepilze. Bahnbrechend auf diesem Gebiete war nächst Pasteur der Däne Emil Kristian Hansen (1842—1909). Geboren als Sohn eines Arbeiters wurde er anfangs Volksschullehrer, bestand mit 30 Jahren sein Reifeexamen und studierte nachher Chemie und Biologie. Als

vom Brauer Jakobsen das berühmte Karlsberg-Laboratorium errichtet war, wurde Hansen dessen leitende Kraft und widmete sich nach dem Willen des Stifters ganz dem Studium des Gärungsprozesses. Auf diesem Gebiete schuf er die seitdem gebräuchliche Technik und legte besonderen Wert auf die Reinkultur von Hefepilzen, in der er es zur höchsten Vollendung brachte, indem es ihm gelang, durch eine sinnreiche Methode einzelne Exemplare dieser massenhaft vorhandenen aber bloß mit den stärksten Vergrößerungen sichtbaren Organismen zu isolieren und aus je einem Exemplar eine „reine Linie" zu züchten, deren Eigenschaften allseitig kontrolliert werden konnten. Diese Technik der Hefezüchtung hat das Braugewerbe und die Hefefabrikation ganz umgestaltet. Ferner verdankt man Hansen wertvolle Beiträge zur Kenntnis der bei den Gärungsvorgängen mitwirkenden Enzyme und anderer hierher gehöriger Phänomene. Eine neue Auffassung des Gärungsvorganges ist von Eduard Buchner, geboren 1860 und Professor der Chemie in Berlin, geschaffen worden. Er hat nämlich bewiesen, daß die Alkoholgärung des Zuckers nicht, wie man bisher glaubte, eine direkte Folge der Lebenstätigkeit der Gärungspilze ist, sondern daß diese Organismen ein chemisches Ferment erzeugen, das die Gärung hervorruft und das man isolieren und auch getrennt von den Pilzen wirken lassen kann. Durch diese Entdeckung ist die klassische, von Pasteur geschaffene Gärungstheorie wesentlich abgeändert und aus dem Bereiche der Biologie in das der Chemie übergeführt worden. Im folgenden werden wir noch einige andere Phänomene von derselben Kategorie zu behandeln haben.

Weit jüngeren Datums als die Kenntnis von den Bakterien und Gärungspilzen ist das Studium einer anderen Gruppe von Mikroorganismen, die gewöhnlich dem Tierreiche zugezählt werden, aber als Krankheitserreger mit den Bakterien wetteifern, nämlich der Sporozoen. Schon Meckel wußte, daß bei der bekannten Krankheit, die man Wechselfieber oder Malaria nennt, eine eigenartige Schwarzfärbung von Bluktörperchen und gewissen anderen Gewebselementen des Kranken eintritt. Die Krankheit selbst aber hielt man für „miasmatisch" oder durch die Dünste feuchter Gegenden, wo sie vorkommt, hervorgerufen. Ein französischer Militärarzt Alphonse Laveran (1845—1922) entdeckte während seiner Dienstzeit in Algier im Jahre 1880, daß die oben genannte Pigmentierung hervorgerufen werde durch einen Parasiten, der in verschiedenen Formen auftrete und den man wegen seiner Beweglichkeit zum Tierreiche rechnen müsse. Seine genaue Beschreibung des neuen Krankheitserregers war durchaus wert beachtet zu werden, aber sie erklärte noch nicht die Ursache der Verbreitung desselben. Das entscheidende Wort in dieser Hinsicht hatte der Engländer Ronald Ross, geboren 1857 in Indien, wo er auch Militärarzt war, und hernach Professor am Institut für tropische

Krankheiten in Liverpool. Er entdeckte den Wirtswechsel des Malariaplasmodiums, d. h. seine Entwicklung im Blute des Menschen, mit dem es in den Darm einer Mücke gelangt, und seine Wanderung durch die Speicheldrüsen der Mücke und ihren Stechrüssel wieder in das Blut eines Menschen, der in dieser Weise infiziert wird. Einen bedeutenden Einsatz in der Malariafrage hat ferner der Italiener Giovanni Baptista Grassi gemacht. Geboren im Jahre 1854, Professor in Rom, ist er besonders bekannt geworden durch die wirkungsvollen Maßnahmen, die er gegen die Malaria in seinem von dieser Krankheit schwer heimgesuchten Vaterlande getroffen hat. Durch Aussperrung der Mücken aus den Wohnungen der Menschen und Ausrottung ihrer Larven gelang es ihm, vorher lebensgefährliche Gegenden bewohnbar zu machen. Seine eingehenden Studien über die Biologie der Malariamücke ermöglichten auch anderen Ländern, entsprechende Maßnahmen durchzuführen.

Eine Menge anderer Krankheiten hervorrufender Parasiten wurden in der letzten Zeit entdeckt und beschrieben, so z. B. die zu den Flagellaten gehörigen Trypanosomen, welche im tropischen Afrika die tötliche Schlafkrankheit hervorbringen und deren Überträger von Mensch zu Mensch Zecken sind. Ferner ist zu nennen der Erreger der afrikanischen, von der Tsetsefliege übertragenen Naganaseuche, die das Halten von Rindern und Pferden in vielen Gegenden unmöglich macht. Diese Parasiten sind besonders von Koch und seinen Schülern studiert worden.

Im Anfang unseres Jahrhunderts erfolgte die Entdeckung der Spirochaete pallida, des Parasiten der Syphiliskrankheit und eines der gefährlichsten Feinde der Menschheit. Durch diese Entdeckung hat sich Fritz Schaudinn einen Platz in der Kulturgeschichte der Menschheit gesichert. Geboren im Jahre 1871 in Ostpreußen studierte er in Berlin und erhielt nach seiner Promotion eine Anstellung im Gesundheitsamt. Unter steten Schwierigkeiten und Konflikten mit dem alten, despotischen Koch und anderen Bureaukraten jenes Institutes, die seine Ideen weder schätzen wollten, noch konnten, erwarb er sich einen glänzenden Ruf als Mikrobiologe, erhielt aber erst kurz vor seinem Tode im Jahre 1906 eine seiner würdige, selbständige Stellung als Leiter eines Forschungsinstitutes in Hamburg. Er lieferte wertvolle Beiträge zur Kenntnis des Lebenslaufes der Malariaparasiten, studierte durch Experimente an sich selbst die lebensgefährliche Amoeba histolytica, die Erregerin eines schweren Darmkatarrhes, die auch seinen Tod verursachte, und veröffentlichte nebenbei noch wertvolle Forschungsergebnisse über die Fortpflanzung der Foraminiferen und Heliozoen. Die erwähnte Entdeckung der Spirochaete pallida veröffentlichte er ein Jahr vor seinem Tode. Er hatte bereits hervorragende Schüler, z. B. M. Hartmann, geboren 1879, der seine theoretischen Forschungen über Protozoen fortsetzte und S. Pro-

wazek (1875—1916), der sein Werk über krankheitserregende Sporozoen weiter fortführte.

4. Pflanzenmorphologie.

Eine kurze Übersicht über die Anwendung der morphologischen Forschungsmethoden in der Botanik erscheint um so mehr geboten, als die Pflanzen eine wichtige Rolle in den modernen entwicklungsgeschichtlichen Theorien spielen. Wir müssen diese Schilderung mit der Zeit vor dem Hervortreten des Darwinismus beginnen, als noch der romantische Idealismus die Biologie beherrschte. Damals spielten noch Goethes Spiralphantasien und seine Metamorphosentheorie ihre Rolle als Grundlage der Auffassung verschiedener Forscher von der Form und dem Wachstum der Pflanzen und der Stellung und Entwicklung der Blätter. Diese Erwägungen verursachten eine große Verwirrung in Begriffen und Theorien. „Merkwürdig! Wo man auf die Metamorphose der Pflanzen zu sprechen kam, verfielen selbst begabte und verständige Männer in sinnloses Phrasentum“ (Sachs). Aber auch klar denkende Forscher suchten diese Fragen von rein ideellem Standpunkt aus zu lösen. Die Blattstellung war ihnen der Ausdruck für eine Idee, die sich in mathematisch ausgedrückten Beziehungen zwischen den Blättern zeigte. Karl Friedrich Schimper (1803—1867), während der längsten Zeit seines Lebens Privatgelehrter, war einer jener spekulativen Pflanzenmorphologen. Er drückte die „Spiraltendenz“ in der Stellung der Blätter durch einen Kettenbruch aus. Seine Ideen wurden von Alexander Braun (1805 bis 1877) weiter entwickelt. Dieser studierte in München unter anderen auch bei Schelling und wurde schließlich Professor der Botanik in Berlin und ein hervorragender Lehrer, zu dessen Schülern Haeckel gehörte, der ihn sehr bewunderte und von ihm im romantischen Sinne beeinflußt wurde. Braun, der im übrigen große Verdienste um die Erforschung einzelner Gebiete der Botanik hat, veröffentlichte seine morphologischen Spekulationen in einer Abhandlung „Über die Verjüngungen in der Natur“, einer eigentümlichen Mischung von exaktem Wissen und romantischer Phantasterei. Die Arbeit enthält eine Anzahl für jene Zeit ausgezeichneter Untersuchungen über niedere Pflanzen, besonders einzellige Algen, deren Wachstum und Vermehrung sorgfältig beschrieben wird. Auf diese Beobachtungen und andere über die Blattstellung in Knospen und Blüten und an den Stämmen höherer Pflanzen gründet er seine „lebende Naturbetrachtung“, die in der Natur „nicht bloß die Wirkung toter Kräfte, sondern den Ausdruck lebendiger Tat“ zu finden sucht. Diese Naturanschauung gründet sich auf die „Verjüngung“ als die treibende Kraft im Leben, durch die das Alte unaufhörlich in Neues verwandelt wird, z. B. die „alten“ Milchzähne des Kindes in

neue, die „alte“ Puppe in den neuen Schmetterling, um nicht zu reden von der Verjüngung der Blätter und Kräuter im Frühling, die wohl dieser ganzen Spekulation zugrunde liegt. „Der Geist, der im Menschen zur Entwicklung kommt, ist nicht von außen mit dem Naturorganismus zusammengefügt, denn wir sehen sein Durchbrechen schon auf den tiefen Stufen des Naturlebens, besonders im Tierreich, angedeutet; das geistige Leben ist vielmehr die reinste und geläutertste Darstellung desselben Lebensgrundes, der uns auf den vorausgehenden Stufen als Naturleben entgegentrat“. Dieses ist nun nichts anderes als Naturphilosophie, und man kann sich daher nicht wundern, Goethes Metamorphosenlehre hier wiederzufinden, sowohl die auf- und absteigende Metamorphose, als auch die spiralige Blattstellung, welche nach Schimpers Beispiel in mathematischen Formeln ausgedrückt wird. Es ist eigentümlich, wie hier exakte Beobachtungen mit dieser phantastischen Terminologie gemischt vorkommen, besonders wo es gilt, neuentdeckte zytologische Einzelheiten zu beschreiben. „Alle Verjüngungen im Zellenleben sind mit einer mehr oder minder tief eingreifenden Entbildung der bereits befestigten und der Fortbildung widerstrebenden Teile der Zelle verbunden.“ Mit dieser Entbildung ist nichts anderes, als die Auflösung der Zellmembranen bei der Zellteilung gemeint, was natürlich ein „Verjüngungs“-phänomen vorstellen soll. Auch auf die Pflanzengeographie werden dieselben Grundsätze angewendet, und das System wird bloß zu einem Gliede in dieser großartigen Einheitlichkeit, — — „denn das Ziel, das in unendlichen Verjüngungen durch die ganze Natur hindurch erstrebt ist, — — ist ja eben das Dasein des Menschen, auf den die Natur durch ihren ganzen Stufenbau von Stufe zu Stufe immer deutlicher hinweist.“ Diese ganze Spekulation ist interessant als ein Übergang von der alten Naturphilosophie im Sinne Goethes zu der neuen von Haeckel, der sich bloß durch seinen materialistisch oppositionellen Ton, aber sachlich wenig von seinem Lehrer unterscheidet. Vorbilder für Haeckels Symmetriephantasien finden sich zur Genüge bei Braun.

Schließlich mußte aber die exakte Forschung auch in der Pflanzenmorphologie zu ihrem Rechte kommen. Einer, der mehr als andere die exakte Auffassung der Formen und der Entwicklung des Pflanzenlebens gefördert hat, ist Nägeli, obgleich auch er in naher Berührung mit der alten idealistischen Philosophie stand. Carl Wilhelm Nägeli wurde im Jahre 1817 in der Nähe von Zürich geboren, wo sein Vater Arzt war, und wo auch er in seiner Vaterstadt Medizin studieren sollte. Die Vorlesungen des alten Oken lockten ihn jedoch auf den Weg der Spekulation, und als er schließlich diesem Interesse nachgehen durfte, begab er sich nach Genf, um bei de Candolle Botanik zu studieren. Nach der Verteidigung seiner pflanzensystematischen Dissertation ging er nach Berlin

und studierte ein Jahr in Hegels Schule Philosophie, die ihn jedoch, wie er selbst sagt, wenig befriedigte. Hernach arbeitete er in Jena bei Schleiden. Als Köllikers Freund begleitete er diesen auf einer Reise nach Italien und wurde darauf Professor zuerst in Freiburg, dann in Zürich und zum Schluß in München, wo er den Rest seines Lebens in ungewöhnlich vielseitiger und fruchtbringender Arbeit verbrachte. Seine Gesundheit war von Jugend auf schwach, aber er arbeitete mit unerschütterlicher Energie, bis in seinem letzten Jahrzehnt die Krankheit ihn zwang, die Arbeit niederzulegen. Er starb im Jahre 1891. Seine Kränklichkeit verursachte, daß er reizbar war und als Lehrer und Gelehrter einen schweren Stand hatte. Persönliche Schüler hatte er wenige, aber er übte durch seine Schriften einen um so größeren Einfluß aus und muß ohne Zweifel zu den hervorragendsten Botanikern seines Jahrhunderts gezählt werden. Seine Vielseitigkeit war außerordentlich groß. Gleichzeitig war er Anatom und Zytologe, Morphologe und Systematiker und seine naturphilosophischen Spekulationen waren von tiefgehender Bedeutung.

Am größten war zweifellos Nägeli als Zytologe. Seine Studien über die Teilung des Pollenkornes und über einzellige Algen sind schon früher als epochemachend hervorgehoben worden, und durch sie ist er für die moderne Zytologie bahnbrechend geworden. Zu diesem Gebiete können auch seine Studien über die geschlechtliche Fortpflanzung der Kryptogamen gerechnet werden, die er im wesentlichen klargelegt hat. Allerdings hat seine Zellforschung auch ihre schwachen Seiten. Daß er lange an dem Glauben an freie Zellbildung festhielt, ist dabei von geringerer Bedeutung, als der Einfluß, den er seinen theoretischen Spekulationen auf seine Beobachtungen einräumte. Im Gebiete der Pflanzenanatomie legte er durch eine Reihe von Abhandlungen über das Wachstum des Stammes und der Wurzel den Grund zur heutigen Kenntnis dieses Gebietes. Als Systematiker beschäftigte er sich besonders mit formreichen und schwer zu bearbeitenden Gattungen, z. B. mit Hieracium, dessen zahlreiche ineinander übergehende Kleinarten er sowohl durch Beobachtungen in der Natur als auch durch Züchtungsversuche studierte. Die an dieser schwierigen Gattung gemachten Erfahrungen veranlaßten ihn zu Spekulationen über den Artbegriff[1]), die die Grundlage seiner entwicklungsgeschichtlichen Theorien wurden. Als Pflanzenphysiologe zeichnete er sich besonders durch seine Untersuchungen über das Wachstum der Stärkekörnchen aus, durch die er den Grund zur Kenntnis des eigentümlichen, komplizierten Baues dieser in ihrer chemischen Zusammen-

1) Im Gegensatz zu Lamarck, Darwin und sogar Haeckel spricht sich Nägeli in jeder Hinsicht ungünstig über Linné und seine Tätigkeit als Systematiker aus. Diese sehr wenig begründeten Urteile sind hernach bekanntlich von vielen deutschen Botanikern wiederholt worden.

setzung verhältnismäßig einfachen Reservenahrungsstoffe legte. Aber auch auf diesem Gebiete vertiefte er sich in theoretische Spekulationen abstrakter Art, für die er sich von Jugend auf interessierte.

In einer im Jahre 1844 erschienenen Abhandlung „Über die Aufgabe der Naturgeschichte" berichtet Nägeli über den theoretischen Standpunkt, von dem er ausgeht. Das Ziel derNaturforschung sieht er einerseits in der Entdeckung neuer Tatsachen, andererseits in der Schaffung neuer Denkgesetze. Sein Interesse für diese letzteren erinnert deutlich an seine oben erwähnten Studien in Hegels Schule. Mit Entrüstung weist er allerdings die gegen ihn erhobene Beschuldigung zurück, er wäre Hegelianer, aber seine Ähnlichkeit mit einem solchen ist dennoch unverkennbar und gibt seiner Spekulation ein eigenartiges Gepräge, durch das sie sich stark z. B. von Haeckels theoretischen Erörterungen unterscheidet. Während dieser über Symmetrieformen, seelische Eigenschaften der Materie und andere an Schelling erinnernde Ideen spekuliert, sucht Nägeli unaufhörlich feste Gedankenkategorien zu schaffen, am liebsten mit Hinweis auf mathematische Schlußfolgerungen. Besonders aber bemüht er sich, „absolute Begriffe" aufzustellen, unter welche sich die einzelnen Erscheinungen summieren lassen. Alles Leben sei Bewegung, darum müsse auch alle Biologie Entwicklungsgeschichte sein, und von der Entwicklung des Individuums könne auf die der Art geschlossen werden. Die Art ist nach Nägeli eine Zusammenfassung aller gleichartigen Individuen und somit ein absoluter Begriff. Ebenso wie es viele Kreise, Ellipsen und andere geometrische Figuren gebe, deren Begriffe doch grundverschieden wären, so seien die Arten auch nicht durch Übergänge miteinander verbunden. „Die absolute Verschiedenheit der Arten scheint mir durch die Erfahrung hinlänglich bestätigt und allgemein genug angenommen, um auch ihrerseits die Absolutheit der Begriffe zu bestätigen". Und ebenso wie die Arten, so wären auch die höheren systematischen Kategorien absolut. Zwischen dem Pflanzen- und Tierreiche gebe es keine Übergänge, denn „dieser Annahme widerspricht schon die Absolutheit der Begriffe". Wenn das nicht Hegelianismus ist, so ist es jedenfalls etwas dem sehr ähnliches.

Die in diesem Werk aus der Jugendzeit ausgesprochenen Ideen waren in vieler Hinsicht für Nägelis spätere Entwicklung maßgebend. In seiner Arbeit über die Stärkekörner stellt er seine zu jener Zeit berühmte Micellentheorie auf, welche aufs neue seine Neigung für die Anwendung geometrischer Schlußfolgerungen in der Biologie beweist. Nach dieser Theorie bestehen die Zellen und ihre Derivate aus kleinen Teilchen, die er „Micellen" nennt, und von denen er annimmt, daß sie aus vielen Molekülen zusammengesetzt wären, regelmäßig kristallinische Formen hätten und in trockenem Zustande sich wegen gegenseitiger Anziehung

dicht aneinander schlössen. Unter gewissen Umständen jedoch ziehen die Micellen Wasser an, das zwischen sie eindringe und sie umgebe, wodurch die Gewebe anschwellen. Diese Theorie, welche nicht mit den Ergebnissen der Physik in Einklang zu bringen war und deshalb noch zu Lebzeiten ihres Begründers aufgegeben werden mußte, zeigt sein Streben nach Gleichstellung der lebenden und unbelebten Materie, und in der Tat leugnet er jeden prinzipiellen Unterschied zwischen ihnen. Daher glaubte er auch an Urzeugung, so lange er lebte, obgleich er Pasteurs Experimenten Anerkennung zollte, aber zugleich meinte, daß durch sie die Unmöglichkeit der Urzeugung nicht bewiesen werde, die „nicht eine Frage der Erfahrung und des Experiments, sondern eine aus dem Gesetze der Erhaltung von Kraft und Stoff folgende Tatsache" wäre. In der Jugend glaubte er an die Urzeugung einzelliger Pilze und meinte, sie könnte experimentell bewiesen werden. Als das aber nicht glückte, nahm er eine Urzeugung sehr primitiver einzelliger Wesen an, und in seinen alten Tagen setzte er seinen Rückzug noch weiter fort, indem er erklärte, die Produkte der Urzeugung wären eine Art äußerst primitiver Lebenseinheiten, die er „Probien" nannte, und von denen unzählige eine Zelle ausmachten. In dem Punkte, daß er die Urzeugung nicht auf die erste Jugendzeit der Erde beschränkte, ging er jedoch folgerichtiger vor als Haeckel, und er meinte, sie könnte ebensogut jetzt wie früher geschehen, „denn die Schwierigkeit, aus ungeformten chemischen Verbindungen eine Zelle entstehen zu lassen, ist für die Urzeit um kein Jota geringer als für die Gegenwart". Mit dieser Theorie hängt wohl auch sein oben erwähntes Festhalten am Pleomorphismus der Mikroorganismen zusammen. Die Abwesenheit bestimmter Artcharaktere bei ihnen wäre ein Ausdruck ihrer primitiven Organisation und näherte sie der leblosen Materie.

Mit der Urzeugungstheorie hängt auch Nägelis Abstammungstheorie zusammen. Da die Urzeugung ununterbrochen fortdauerte, könnte man annehmen, daß die am höchsten entwickelten Organismen die ältesten wären, während die primitiven später aus der Urzeugung hervorgingen. Auf diese Weise erhielt seine Abstammungstheorie einen durchaus polyphyletischen Charakter, und es konnte kein Übergang einer Art in eine andere vorausgesetzt werden. Was aber in Nägelis phylogenetischer Spekulation von größtem Interesse ist, die 1865 in einem Aufsatz über die Entstehung der naturgeschichtlichen Arten und 1884 in einem großen Werke „Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre" veröffentlicht wurde, das ist seine Kritik der Darwinschen Selektionslehre. Bei seinen Experimenten mit Hieracien hatte er nämlich gefunden, daß die äußeren Lebensbedingungen, die den Kampf ums Dasein hervorrufen, die Lebensformen nicht verändern. In neue Lebens-

verhältnisse gebrachte Arten werden nicht ihren vorher schon in diesen Verhältnissen lebenden verwandten Arten ähnlich. Die natürliche Zuchtwahl habe also keine formbildende Kraft, denn obwohl vorhanden, wirke sie nur ausmerzend auf die Zwischenformen. Stattdessen geschehe die Entwicklung bei den Organismen von innen heraus infolge einer ihnen innewohnenden Kraft, die Nägeli meist „Vervollkommnungskraft" nennt, einmal auch nach Blumenbachs Beispiel „Nisus formativus". Durch diese Kraft werde die Entwicklung in einer gewissen Richtung geleitet und nicht, wie Darwin meint, zu Varationen nach allen Richtungen. Diese Kraft ist jedoch keineswegs eine besondere Lebenskraft, denn sie wird im Gegenteil mit der Trägheit in der anorganischen Natur verglichen. Wie eine rollende Kugel sich weiter bewege, bis sie an ein Hindernis stoße, so schreite die Entwicklung, ebenfalls eine Bewegung, vorwärts, solange kein Hindernis eintrete. Solche Hindernisse seien teils der Kampf ums Dasein, teils direkte materielle Reizwirkungen. Die Wiederkäuer hätten nämlich ihre Hörner durch ihre Gewohnheit mit den Stirnen aneinander zu stoßen, erhalten, was wiederum eine Erklärung ganz im Geiste Lamarcks ist.

Im Zusammenhang mit seiner Abstammungslehre stellt Nägeli eine eigene Vererbungstheorie auf. Im Gegensatz zu Haeckels Ansicht, daß die Eizelle undifferenziert sei, erklärt er sie mit Bestimmtheit für ebenso kompliziert, wie das Wesen, das sich aus ihr entwickelt. Die Eigenschaften des kommenden Individuums seien alle schon in der Eizelle vereinigt. Da nun aber diese und die Spermazelle, obwohl ungleich groß, einen gleich großen Anteil an den Eigenschaften des neuen Individuums hätten, könnten die Eigenschaften nicht über das ganze Protoplasma des Eies verteilt sein, und ein Teil davon müßte besonders als der Träger der spezifischen Eigenschaften angesehen werden. Diesen Bestandteil nennt Nägeli Idioplasma und meint, daß er, durch Teilung jeder neuen Zelle mitgeteilt, ihr ihren Charakter verleihe, durch den jeder Organismus gerade zu dem werde, was er sei, und nicht anders. Das Idioplasma ist nach Nägeli ein fester Körper und nicht halbflüssig, wie die übrige Zellmasse und hat natürlich auch seine ihm eigentümliche Zusammensetzung aus Micellen, deren Form und Größe zum Gegenstande höchst subtiler Berechnungen gemacht wird. Jede Entwicklung bestehe in Veränderungen in den Idioplasmamicellen, die ununterbrochen fortschreiten, aber nicht sofort sichtbar würden, weil die durch diese Veränderungen angesammelte Energie in Abständen ausgelöst würde, und deshalb geschehe die Abänderung der Arten nicht allmählich, sondern plötzlich.

Von der Idioplasmastruktur kommt Nägeli allmählich auf die Atomstruktur im allgemeinen zu sprechen und vertieft sich in Spekulationen über die Zusammensetzung der Atome aus noch kleineren Teilchen, die

er Ameren nennt. Aus diesen seien die einfachen chemischen Grundstoffe zusammengesetzt, und Nägeli konstruiert für sie eine Art Phylogenie, nach der die schweren Metalle zuerst entstanden seien und hernach eines nach dem anderen die übrigen Elemente. Darauf spekuliert er über die Form der Atome, über Ätheratome, Ätherwärme, die Unmöglichkeit der Entropie und verschiedenes dem ähnliches, das von der Physik und Chemie seiner Zeit natürlich mit Stillschweigen übergangen wurde.

Nägelis mechanisch-physiologische Theorie war sein letztes Werk und so endete seine Lebensarbeit trotz seiner ausdrücklichen Absicht, die Naturerscheinungen mathematisch exakt zu behandeln, in einer Menge von Gedankenkonstruktionen ebenso unwirklicher Art, wie die seines Lehrers Hegel. Sein Einfluß war immerhin tiefgehend, nicht bloß wegen der großen Menge bedeutungsvoller von ihm entdeckter Tatsachen, sondern auch auf dem rein theoretischen Gebiete. Er war der erste, welcher es wagte, ohne Umschweif die Lehre von der natürlichen Zuchtwahl als einziger Ursache der Entwicklung des Lebens zu verwerfen und zu .verlangen, daß sie durch eine andere ersetzt würde, die auf dem Wege der Beobachtung und des Experiments besser und überzeugender begründet werden könnte. Die „Vervollkommnungskraft", auf die er seine Erklärung der Entstehung der Arten gründen will, ist zwar an sich auch nur ein Wort, aber deutet doch die Einsicht an, daß die Entwicklung eine Eigenschaft des Lebens selbst sei und nicht eine von außen her den Lebewesen aufgezwungene Bewegung. Und im Zusammenhang damit weist Nägeli darauf hin, daß die Entwicklung des Lebens nicht unbedingt mittels unmerklicher Variationen zu geschehen brauche, sondern daß die Veränderungen im Gegenteil plötzlich und in größerem Maße auftreten können. Und obgleich diese Idee von ihm nicht sehr stark betont wird, ging sie nicht unter, sondern taucht später in der Mutationstheorie eines anderen Botanikers, de Vries, wieder auf. Vor allen Dingen aber war Nägelis Idioplasmatheorie eine Anregung für jüngere Forscher und wurde von ihnen in fruchtbringender Weise ausgenutzt. Freilich hatte er auch in diesem Falle nur ein Wort geschaffen, aber der Gedanke, daß eine besondere Substanz Träger der erblichen Eigenschaften der Zelle sein könnte, erhielt durch die oben geschilderte Entdeckung der Rolle des Chromatins bei der Zellteilung und seine Bedeutung für die vitalen Prozesse der Zelle überhaupt eine bemerkenswerte Bestätigung. Was Nägeli selbst davon abhielt, aus seinen Spekulationen Schlüsse von praktischem Werte zu ziehen, war ohne Zweifel sein Glaube an „absolute Begriffe" und sein Bestreben, die Tatsachen von diesen abzuleiten. Hierin ist sicher auch die Ursache seines in letzter Zeit so scharf getadelten Verhaltens zu Mendel zu suchen. Dieser hatte ihm die Ergebnisse seiner epochemachenden

Versuche mitgeteilt und erhielt als Antwort die Anfrage, ob nicht die von ihm aufgestellten Formeln, „nur empirisch, nicht rationell" wären. In diesen Worten zeigt sich deutlich die Schwäche in Nägelis abstrakt spekulativer Methode. Er konnte Mendels sachlich unwiderlegbaren Resultate nicht fassen, weil sie mit seinen Theorien nicht übereinstimmten, und der eine Zeitlang in höflicher Form fortgesetzte Briefwechsel führte zu keiner Verständigung. Trotz aller seiner Schwächen ist doch Nägeli einer der hervorragendsten Biologen seiner Zeit, und seine Ideen wirkten noch lange nach seinem Tode fort.

Unter Nägelis Schülern verdient in erster Linie sein Landsmann Simon Schwendener (1829—1919) genannt zu werden, der lange Assistent bei seinem Lehrer war und schließlich Professor in Berlin wurde. Unter seinen Arbeiten verdient eine unter dem Titel „Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen" genannt zu werden, in welcher er die mechanische Funktion der Zellen und Gewebselemente schildert und zeigt, wie der Bau der Pflanze genau hinsichtlich der Tragkraft und Zugfestigkeit den allgemeinen Gesetzen der Mechanik folgt. Hierbei betrachtet er allerdings, wie andere mechanisch veranlagte Biologen, den Bau und die Funktionen der Pflanzen in einigen Fällen zu einseitig mechanisch. So z. B. stellt er eine mechanische Theorie der Blattstellungen auf, in der er auch die oben erwähnte idealistische Theorie der spiraligen Stellung der Blätter bespricht und findet, daß diese Spiralstellung auf mechanischen Druckverhältnissen beruhe und bei verändertem Druck anders werde. Trotz ihrer Einseitigkeit trug doch diese Arbeit dazu bei, in dem von ihr berührten Gebiete den romantischen Glauben an die Idee als Ursache für Naturphänomene zu erschüttern und durch eine mechanische Erklärung zu ersetzen. Noch größeres Aufsehen, als diese Untersuchung, erregten Schwendeners Arbeiten auf dem Gebiete der Flechtenforschung. Bis dahin hatten die Flechten eine Klasse des Pflanzenreiches neben den Algen und Pilzen gebildet. Schwendener behauptete nun, gestützt auf mikroskopische Untersuchungen, daß die Flechten eigentlich eine Art von Doppelorganismen wären, die aus Pilzfäden mit eingebetteten Algenzellen beständen, welche beide zum Bestehen des ganzen Gebildes beitrügen, indem die Pilze die Grundlage bildeten, während die Algen mittelst ihres Chlorophylls Kohlensäure assimilierten. Diese Entdeckung, welche zur Zeit ihrer Veröffentlichung bei den Flechtensystematikern großen Verdruß erregte, ist mit der Zeit bestätigt worden und heute allgemein anerkannt, namentlich seit von Jean Baptiste Edouard Bonnet (1828—1911), einem Privatgelehrten in Paris und eifrigem Forscher auf dem Gebiete der Kryptogamen, die Fortpflanzung der Flechten ermittelt worden war.

Schwendener hatte viele Schüler und Nachfolger, unter denen Gottlieb Haberlandt (geb. 1854) zu erwähnen ist. Zuerst Professor in Graz, später in Berlin, veröffentlichte er seine Hauptarbeit unter dem Titel „Physiologische Pflanzenanatomie", deren Titel schon die Richtung andeutet, die der Verfasser verficht, nämlich das Bestreben, bei den Pflanzen die physiologischen Vorbedingungen des anatomischen Baues zu ergründen. Dazu dienten ihm seine Untersuchungen auf vielen verschiedenen Gebieten, namentlich über assimilierende und rein mechanische Gewebssysteme.

Unter denen, die eine einheitliche Aufassung der Lebenserscheinungen im Pflanzenreiche angebahnt haben, muß auch Wilhelm Hofmeister (1827—1874) genannt werden. Geboren in Leipzig bildete er sich zum Kaufmann aus und wurde Musikalienhändler in seiner Vaterstadt, trieb aber in seinen freien Stunden Botanik und wurde Professor zuerst in Heidelberg, später in Tübingen. Sein großes Werk ist eine vergleichende Untersuchung über die Vermehrung der Pflanzen. Er verfaßte es, als er noch Kaufmann war, und ihm verdankte er seine Berufung nach Heidelberg. Er studierte genau die Bildung der Geschlechtsprodukte bei Phanerogamen, Gefäßkryptogamen und Moosen, ihre Entwicklung und Vereinigung, und stellte dabei eine solche Übereinstimmung fest, daß durch diese Untersuchungen eine einheitliche Auffassung der geschlechtlichen Fortpflanzung im ganzen Pflanzenreiche ermöglicht wurde. Diese Leistung ist um so wunderbarer, als seine Kenntnis von der Zelle das allgemeine Wissen seiner Zeitgenossen in diesem Punkte nicht überragte. Hofmeisters Werk über die Fortpflanzung der Pflanzen wurde von vielen Forschern fortgesetzt. Unter diesen seien hier genannt Nathanael Pringsheim (1823—1894), der eine zeitlang Professor in Jena und später Privatgelehrter in Berlin war, die geschlechtliche Fortpflanzung der Algen ermittelte und mehrere wertvolle pflanzenphysiologische Werke herausgab, und Heinrich Anton de Bary (1831—1880), Professor in Straßburg, der die geschlechtliche Fortpflanzung der Pilze und den Generationswechsel bei den Rostpilzen, sowie eine Menge anderer wichtiger Fragen auf den Gebieten der Mykologie und Bakteriologie klarlegte.

Eine Fortsetzung des Berichtes über die Entwicklung der Pflanzenmorphologie bis in unsere Tage verbietet der Raum, und die Einzelheiten finden sich übrigens in der Handbuchliteratur. Wir wenden uns zu einem anderen Zweige der biologischen Forschung, die in unserer Zeit eine große Rolle gespielt hat.

5. Geographische Biologie.

Im vorhergehenden sind Humboldt und Wallace als Begründer der modernen Pflanzen- und Tiergeographie genannt worden. Wie alle

übrigen Zweige der Biologie, so sind auch diese in unserer Zeit in hohem Grade spezialisiert worden, während gleichzeitig große neue Gebiete sich ihnen eröffneten. Unter diesen neuen Gebieten sehen wir nicht nur neue Länder, denn erst in unserer Zeit kann man sagen, daß der große Erdball erforscht und beschrieben worden ist, sondern in noch höherem Grade die Meere, deren tiefere Teile erst vor nicht langer Zeit hinsichtlich ihrer physischen Beschaffenheit und ihrer Lebewelt bekannt geworden sind. Diese Forschungsarbeit ging teils von den zoologischen Meeresstationen aus, unter denen in letzter Zeit die von Anton Dohrn (1840 bis 1909) in Neapel gegründete die berühmteste war, teils wurden zu diesem Zweck besondere Expeditionen ausgerüstet, wie z. B. die englische Challenger-Expedition (1872—1876) und die deutsche Valdivia-Expedition (1898—1899) und viele andere, darunter auch etliche von großen und kleinen Staaten ausgerüstete Polarexpeditionen. Erst durch diese Forschungen sind die Lebensformen des Meeres bekannt geworden, und man weiß nun, daß in den großen Tiefen die Tiere in ewiger Finsternis und unter hohem Druck leben und oft abenteuerliche Formen annehmen. Auch die Bewohner der großen Meeresflächen, die sogenannte Fauna und Flora des Planktons mit ihren stets schwimmenden, oft durchsichtig zarten Formen, und schließlich das Leben an den Küsten, alles das ist nach und nach erforscht und untersucht worden. Eine Menge von Forschern hat sich an diesen Arbeiten beteiligt, die oft von nationalen und internationalen Kommissionen geleitet wurden, was ihren Ergebnissen einen in gewisser Hinsicht unpersönlichen Charakter verlieh. Der Bahnbrecher auf diesem Gebiete ist Karl August Möbius (1825—1980), zuerst Professor in Kiel, später in Berlin. Durch sein großes Werk „Die Fauna der Kieler Bucht“ (1865) hat er das Programm und die Methodik der modernen Ökologie geschaffen. Die Einleitung bildet eine Schilderung der Topographie der untersuchten Meeresbucht, wobei verschiedene Lokalitäten hinsichtlich der Tiefe, des Pflanzen- und Tierlebens unterschieden und besonders charakterisiert werden. Darauf werden die verschiedenen, jede Lokalität bewohnenden Tiere in systematischer Ordnung geschildert. Auf dem von Möbius angebahnten Wege wurde die Arbeit von anderen fortgesetzt. Unter diesen ist Victor Hensen (1835—1924) zu nennen, der als Professor der Physiologie in Kiel anfangs über das Gehörorgan arbeitete, sich später aber ganz der Meeresforschung widmete, hauptsächlich um der Hochseefischerei Nutzen zu bringen. Sein Interesse galt in erster Linie der Erforschung des Planktonlebens, besonders der mikroskopischen Formen. Zum Zweck der Untersuchung dieser als Fischnahrung wichtigen Tiere arbeitete er eine besondere statistische Methode aus. Von anderen Forschern auf diesem zum Teil angewandten Forschungsgebiete nennen wir die Dänen C. G. Joh. Petersen (geb. 1860), der

nach eigenen Methoden die Sunde und Buchten Dänemarks in bezug auf ihr Tierleben untersuchte und Joh. Schmidt (geb. 1877), dem es nach mühevollen Untersuchungen gelang, die Fortpflanzung der Aale, über die viele gearbeitet haben, klarzulegen.

Hinsichtlich der Lebensformen des Festlandes wurde die bereits früher durchgeführte Einteilung in große geographische Regionen in der Hauptsache beibehalten und sowohl die Pflanzen-, als auch die Tiergeographen machten sich an die Erforschung der Verhältnisse engerer Gebiete innerhalb jener Regionen. In dieser Hinsicht erwähnen wir den Würzburger Professor und Forschungsreisenden Karl Semper (1832 bis 1893), der aus verschiedenen Gesichtspunkten die Frage von den Lebensbedingungen der Tiere behandelte.

Innerhalb der Pflanzengeographie haben sich besonders zwei Richtungen geltend gemacht, eine systematische, die letzten Endes auf Linnés Beobachtungen und Theorien über die Verbreitung der einzelnen Arten zurückgeht, und eine morphologische, deren Ursprung wir in Humboldts Theorien über die morphologische Zusammengehörigkeit verschiedener Pflanzentypen mit verschiedenen Ländern und Landschaften finden. Diese beiden Richtungen beeinflußten einander und standen jede für sich unter dem Einfluß der Abstammungslehre und ihren Versuchen, die Entstehung der Arten aus geographischen Verbreitungsverhältnissen zu erklären. Und schließlich gelangte die Forschung durch den Vergleich der Verbreitung heutiger Pflanzenformen mit derjenigen entsprechender Gattungen und Arten in früheren geologischen Perioden zu wertvollen Ergebnissen. Alle Vertreter der heutigen Pflanzengeographie waren gezwungen, diesen Verhältnissen mehr oder weniger Rechnung zu tragen. Dennoch kann man immer noch zwei Hauptrichtungen unterscheiden, die sich freilich unaufhörlich berühren und kreuzen. Die eine von diesen Richtungen, die systematische oder floristische, gründet sich auf die systematischen Einheiten, sie behandelt die Verbreitung der Arten innerhalb verschiedener Gebiete von größerem oder geringerem Umfang und ihre Variationen in verschiedenen Teilen eines Gebietes unter dem Einfluß gewisser Faktoren. Sie sucht die Ursachen von Veränderungen in den Artbeständen gewisser Orte und Länder zu ermitteln, indem sie die Wanderungen der Arten studiert an der Hand der Verteilung von Land und Meer in unserer Zeit und dessen, was man über Änderungen dieser Verteilung in älteren Zeiten weiß. Ebenso studiert sie die Verbreitung ausgestorbener, fossiler Arten, von denen die heutigen möglicherweise abstammen können. Besonders genau wurde die Einwanderung von Pflanzen in die von der Eiszeit heimgesuchten Teile Europas studiert, und alles, was in der fossilen Flora gewisser Polarländer auf ein ehemals wärmeres Klima schließen läßt.

Die morphologische oder ökologische Pflanzengeographie untersucht nicht die Beschaffenheit der Flora sondern die der Vegetation. Sie arbeitet nicht mit Arten, sondern mit Pflanzengemeinschaften, worunter Pflanzen sehr verschiedener systematischer Kategorien, die durch Übereinstimmung in den Ernährungsverhältnissen an ein Zusammenleben in gewissen Lokalitäten angepaßt sind, verstanden werden. Das Ziel dieser Richtung ist, solche Pflanzenassoziationen zu analysieren und ihr Verhalten zu Klima, Bodenart und anderen äußeren Bedingungen zu ermitteln. Beide Richtungen haben sich bis auf den heutigen Tag in hohem Grade entwickelt und weisen zahlreiche hervorragende Vertreter auf, von denen wir nur wenige erwähnen können. Die früher genannten englischen Forscher Brown und Hooker haben wichtige Beiträge über die Verbreitung der Pflanzen, besonders in außereuropäischen Ländern, geliefert. Der Schweizer Oswald Heer (1809—1883) studierte besonders die floristischen Verhältnisse in Beziehung zur Eiszeit. In seine Fußstapfen trat der Schwede Alfred Nathorst (1850—1922), der sich besonders um die Kenntnis der fossilen Flora der Polarländer verdient gemacht hat. Adolf Engler (geb. 1844), Professor in Berlin und Begründer einer bedeutenden pflanzengeographischen Schule, suchte durch das Studium der rezenten und paläontologischen Pflanzenwelt einen Überblick über die Entwicklung und Veränderung der Flora besonders in den nicht tropischen Ländern zu gewinnen. Andererseits suchte August Heinrich Rudolf Grisebach (1814—1879), Professor in Göttingen, das Studium klimatischer Einwirkungen auf die Vegetation und eine Einteilung der Florengebiete auf klimatologischer Grundlage anzubahnen. Der Däne Eugen Warming (1841—1924) machte sich besonders verdient durch das Studium von Pflanzengemeinschaften, die er klassifizierte und deren Pflanzenformen und Lebensbedingungen er analysierte. Hierdurch gewann er einen tiefgehenden Einfluß auf die ökologische Pflanzengeographie. Andreas Franz Wilhelm Schimper (1856—1901), Professor in Basel, hat auf langen Reisen die tropische Vegetation bearbeitet und in seiner „Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage" (1898) aus klimatologischen Gesichtspunkten und auf moderner physiologischer Grundlage die Vegetation der ganzen Erde bearbeitet. Seine geographischen und ökologischen Einteilungen übten auf die spätere Forschung einen großen Einfluß aus.

Kapitel XLIV.

Neu-Darwinismus und Neu-Lamarckismus.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts begann der Einfluß des Darwinismus bemerkbar abzunehmen, und der Anzeichen gab es viele. Teils waren

sie innerer Natur und bestanden, wie das bei herrschenden Lehren schon oft vorher beobachtet werden konnte und wohl stets vorkommt, in der Zersplitterung in eine Anzahl auseinander gehender und einander bekämpfender Richtungen, teils waren es äußere, in der allgemeinen Kulturlage hervortretende Erscheinungen. Der optimistische Glaube an den Fortschritt als an ein Natur- und Menschenleben beherrschendes Gesetz, der seit der Mitte des Jahrhunderts vorherrschend gewesen war, war einige Jahrzehnte später recht sehr ins Schwanken geraten. Der unbegrenzte Fortschritt, der eine Folge der politischen und ökonomischen Freiheit sein sollte, hatte sich als ziemlich bedingt erwiesen. Die Demokratie, welche an vielen Orten eingeführt worden war, hatte zu Enttäuschungen geführt, die von ihren politischen Gegnern fleißig ausgenutzt wurden, und der freie Wettbewerb hatte keineswegs zu einem frohen und ermunternden Wettstreit unter Vortritt der Besten, sondern zu einem gehässigen, harten Kampf zwischen Unternehmungen, Gesellschaftsklassen und Nationen geführt, in welchem jeder dem anderen so viel als möglich zu schaden trachtete. Daß unter solchen Umständen das vor kurzem noch so starke Vertrauen zu dem Liberalismus weichen mußte, war ganz natürlich, denn die wachsende Erkenntnis, daß der Glaube an einen selbsttätigen Fortschritt zum Schlendrian führe, machte, daß man nach tatkräftigen Männern verlangte, um den zunehmenden Schwierigkeiten abzuhelfen. Es trat eine ganze Reihe von Gegnern des Liberalismus auf vom bizarren Romantiker Carlyle mit seiner Heldenverehrung bis zu Nietzsche mit seinem paradoxen Übermenschenideal. Übrigens richteten diese beiden heftige Angriffe gegen Darwin und seine Lehre, ihre Erfolge auf literarischem Gebiete bedeuteten also gleichzeitig Mißerfolge des Darwinismus, und sie waren bei weitem nicht die einzigen. Es trat nämlich in den neunziger Jahren eine Richtung in der Literatur auf, die in jeder Hinsicht einen Gegensatz zu der sich auf die Naturwissenschaft stützenden naturalistischen Literatur bilden wollte. Und während somit die Popularität des Darwinismus im großen Publikum abnahm, hatten seine Vorkämpfer unter den Gelehrten einen schweren Stand gegenüber den Schwierigkeiten, die dem Darwinismus aus den Ergebnissen der neuen Forschung erwuchsen.

Wie wir wissen, hatten sowohl Darwin als auch Haeckel ihre Abstammungstheorie teils auf die Lehre von der Variabilität und die Lehre von der durch den Kampf ums Dasein unter den Variationen verursachten natürlichen Zuchtwahl gegründet, zum Teil aber auch auf die direkte Einwirkung äußerer Umstände auf das Individuum und die Vererbung in dieser Weise hervorgerufener Veränderungen, also auf eine lamarckistische Lehre. Schon in dieser zweifachen Begründung lag ein Keim zur Zersplitterung, denn es konnte einseitig einerseits die Zuchtwahl, andererseits die äußere Einwirkung betont werden. Und gerade das

geschah auch. In der Zeit kurz vor und während der Jahrhundertwende entstanden zwei entwicklungsgeschichtliche Richtungen, die als Neu-Darwinismus und Neu-Lamarckismus bezeichnet werden, und deren Verfechter die Biologen von der absoluten Gültigkeit ihrer Ansichten zu überzeugen suchten. Von diesen beiden Hauptrichtungen zweigten sich später noch mehrere ab, die die Entwicklungsursachen jede auf ihre besondere Weise erklären wollten, so daß schließlich das Gebiet der Abstammungslehren einen recht verwirrenden Anblick darbot. Einige Züge aus dieser Periode der inneren Auflösung des Darwinismus sollen im folgenden geschildert werden.

In Deutschland fand die Lehre von der Zuchtwahl einen begabten und kraftvollen Vorkämpfer in August Weismann (1834—1914). Er studierte Medizin und war zugleich ein Schüler von Leuckart, der in ihm das Interesse für die Biologie weckte. Nachdem er einige Jahre als praktischer Arzt tätig gewesen war, wurde er auf Grund einer von ihm verfaßten, verdienstvollen Arbeit über die Entwicklung der Fliegen als Professor nach Freiburg berufen, wo er bis zu seinem Tode verblieb. Sein Spezialfach war die Entwicklungsgeschichte der niederen Tiere, und hier zeichnete er sich besonders durch seine Studien über die Fortpflanzung der Daphniden aus, deren eigentümliche Eientwicklung und nicht minder eigentümliche „zyklische Fortpflanzung" er klarlegte. Ein Augenleiden machte ihm jedoch bald das Mikroskopieren unmöglich und zwang ihn, sich auf eine teils experimentelle, teils rein spekulative Wirksamkeit zu beschränken. Eine Frucht dieser war seine eigentümliche Entwicklungstheorie, die ihn zu einem der hervorragendsten Nachfolger Darwins machte.

Weismanns Abstammungs- und Vererbungstheorie geht teils von seinen oben erwähnten Einzeluntersuchungen aus, teils von Nägelis im vorhergehenden geschilderter Idioplasmatheorie. Nägeli hatte nach einer materiellen Unterlage für die Erbanlagen gesucht, aus denen sich bei jedem Individuum gewisse Eigenschaften entwickeln, und glaubte eine solche in seiner Hypothese vom Idioplasma gefunden zu haben, das, in gleichem Maße in Ei und Spermie vorhanden, nach der Vereinigung dieser das Ausgangsmaterial für die besonderen Eigenschaften des neuen Individuums bilde. Weismann, der sich durch Studien und eigene Forschungen große Kenntnisse von dem zytologischen Wissen seiner Zeit erworben hatte, wurde dadurch, daß er gezwungen war, sich rein theoretischen Spekulationen zu widmen, auf die Frage gelenkt, ob nicht im Bau der Zelle die Grundlage für die von Darwin und seiner Schule gelehrte Entwicklung zu finden wäre. In einer Reihe von Vorträgen und Aufsätzen in den achtziger Jahren suchte er die Ursachen der Vererbung im biologischen Sinne darzulegen. Er fragte sich, worauf die Eigenschaft

der Organismen beruhe, ihr Wesen auf die Nachkommen übergehen zu lassen, so daß z. B. aus einem Adlerei stets ein Adler entstehe und noch dazu einer von derselben Art, wie seine Eltern. Nach Haeckels Beispiel geht er von den einzelligen Tieren aus und findet, daß bei diesen die gegenseitige Ähnlichkeit der Generationen auf der Vermehrung der Individuen durch Teilung beruhe, also darauf, daß jedes Infusor ein Stück von einem Vorfahr sei, und demnach bei diesen Wesen eine „Kontinuität des Individuums“ bestehe. Und dasselbe, meint er, gelte auch wegen der geschlechtlichen Fortpflanzung für die mehrzelligen Tiere, denn die Geschlechtszellen seien für das Leben des Individuums bedeutungslos, bewahren aber den Zusammenhang der Art im Laufe der Zeiten. Aus ihnen entstehe unter gewissen Bedingungen ein neues Individuum derselben Art, wie die Eltern. Hieraus könne man auf ein besonders „Keimplasma“ schließen, das den Individuenreihen bei den einzelligen Tieren entspreche und gleich diesen durch wiederholte Teilung die Art erhalte, während das Körperplasma vergänglich sei. Ursprünglich habe die Differenzierung in Geschlechts- und Körperzellen bei den einfachsten Zellkolonien auf Arbeitsteilung beruht, wie man sie heute noch bei primitiven koloniebildenden Tieren beobachten könne. Die Geschlechtszellen, welche die Fortpflanzung besorgen, enthalten deshalb sowohl Keim- als auch Körperplasma und diese beiden Plasmaarten werden getrennt, wenn im frühesten Keimstadium die Geschlechtszellen sich von den übrigen Zellen trennen. Aus dem Keimplasma entsteht also die lange Reihe einander gleichender Individuen, und diese gleichen sich gerade deswegen, weil ihre Gestaltung von der ein- für allemal gegebenen Beschaffenheit des Keimplasmas bedingt wird. Wenn Veränderungen in der äußeren Körperform auftreten, so sind sie durch entsprechende Veränderungen im Keimplasma hervorgerufen. Diese Veränderungen aber sind die Folge der Befruchtung, bei der die Keimplasmen zweier verschiedener Individuen eine Verbindung miteinander eingehen. Durch diese „Amphimixis“, wie Weismann sie nennt, bildet sich ein neues Keimplasma mit den Eigenschaften beider Eltern, die sich deshalb auch bei den Nachkommen wiederfinden. Da nun aber die Eigenschaften des Individuums ganz und gar auf dem Keimplasma beruhen, ist jede Beeinflussung der Individuenreihe von außen ausgeschlossen. Die aus dem Körperplasma bestehenden Organe des Individuums können freilich durch Übung beeinflußt werden, insoweit das Keimplasma hierfür die Möglichkeit geschaffen hat, aber Veränderungen dieser Art haben keinen Einfluß auf das Keimplasma, und Lamarcks Theorie, nach der der Artcharakter durch die Lebensgewohnheiten geschaffen wird, ist also wertlos.

Diese Verneinung der Erblichkeit erworbener Eigenschaften ist einer der Grundsteine in Weismanns biologischer Theorie, und er ver-

suchte auf verschiedene Weise die Unmöglichkeit derselben zu beweisen. Er züchtete eine lange Reihe von Ratten, denen er gleich nach der Geburt die Schwänze abschnitt, sah aber niemals, daß eine ohne Schwanz geboren wurde. Auch andere durch äußere Eingriffe verursachte Mißbildungen vererbten sich nicht. Er hielt sich demnach für vollständig berechtigt, auf seinem Standpunkt zu verharren, daß alle Veränderungen in der äußeren Gestaltung des Individuums im Verhältnis zu anderen Individuen auf Veränderungen im Keimplasma beruhen, daß jede sogenannte ererbte Eigenschaft in der Tat durch eine Veränderung im Keimplasma hervorgerufen sei, und hierdurch die Anpassung des Körpers an verschiedene äußere Lebensverhältnisse möglich werde. Aber wie sind denn die verschiedenen Lebensformen im Laufe der Zeiten entstanden? Durch die natürliche Zuchtwahl, antwortet Weismann, und nur durch diese. Die Variationen, welche besonders durch die Amphimixis der geschlechtlichen Fortpflanzung hervorgerufen werden, aber auch andere Veränderungen im Keimplasma, werden durch die natürliche Zuchtwahl gefördert, oder unterdrückt und bedingen dadurch die Entstehung neuer Formen, deren Keimplasma den Verhältnissen des Daseins besser angepaßt ist, als das der alten. Die natürliche Zuchtwahl ist demnach die Ursache der Entwicklung der lebenden Wesen, und Weismann verwirft Nägelis Annahme einer inneren, den Organismen selbst innewohnenden Entwicklungsursache, da eine solche Theorie keine Erklärung für die Zweckmäßigkeit der Organismen enthalte. Und das sei doch das Haupträtsel, das uns die organische Welt zu lösen gebe. Es werden eine Menge Beispiele solcher Anpassung, dieses Zusammenhanges zwischen Form und Funktion, angeführt, und jedes derselben bildet auch einen Beweis für die gestaltende Kraft der natürlichen Zuchtwahl.

„Die Kontinuität des Keimplasmas" und „die Allmacht der Naturzüchtung" sind zwei Schlagworte, in denen man Weismanns Lebenstheorie zusammenzufassen pflegt. Durch die erste von diesen Ideen, die im Keimplasma den Träger der Vererbung sieht, kommt Weismann auf dem Wege der Spekulation zu Ergebnissen, die in gewisser Hinsicht den später von der modernen Vererbungsforschung auf dem Wege der exakten Beobachtung erreichten Resultaten vorgreifen. Auch seine späteren Versuche, diese Theorie zu erweitern, führten zu glücklichen Eingebungen, z. B. Lokalisierung des Keimplasmas, also des Vererbungsträgers, in den Chromosomen der Geschlechtszellen. „Die Idee war an und für sich gut", urteilt über sie Johannsen. Indessen sieht man auch bei Weismann, wie gefährlich es ist, die Auffassung einer Erscheinung nur auf Spekulationen zu gründen. Während er fortlaufend bemüht ist, seine Keimplasmatheorie zu vertiefen, arbeitet er ein äußerst kompliziertes Schema zur Erklärung des Baues der lebenden Substanz aus. Ihre klein-

sten Einheiten bestehen demnach aus einer Ansammlung chemischer Moleküle, die Biophoren genannt werden und von denen behauptet wird, sie seien nicht hypothetisch, sie müssen existieren, denn die Lebenserscheinungen müssen an eine materielle Einheit gebunden sein. Aus den Biophoren setzen sich die Determinanten zusammen, die Einheiten im Keimplasma, welche die besonderen Eigenschaften der kleinsten Teile des Individuums beherrschen. Die Determinanten vereinigen sich weiterhin zu Iden, welche größere Eigenschaftsgruppen vertreten, und diese zu den Chromosomen, in denen alle erblichen Eigenschaften vereinigt sind. Erst die letztgenannten liegen im Bereich der Sichtbarkeit, während die vorhergehenden Stufen Phantasiegebilde von der Art sind, wie sie die Biologen des vorigen Jahrhunderts nicht gern entbehren mochten, wenn es galt, die Lebenserscheinungen zu erklären. Darwin und Haeckel begnügten sich mit je einer hypothetischen Lebenseinheit, und man kann nicht behaupten, daß Weismann der Biologie einen besonders großen Dienst damit geleistet hat, daß er sie mit dreien von der Art belastete.

Die Keimplasmatheorie mit ihren Schlußfolgerungen, sowohl den genialen als auch den verfehlten, dienten jedoch Weismann bloß als Mittel, um das zu beweisen, was für ihn mit der Zeit der Kernpunkt der Biologie geworden war, nämlich die Allmacht der Naturzüchtung. Der Kampf für diese Lehre und gegen die Theorie von der Vererbung erworbener Eigenschaften wurde schließlich geradezu sein Lebenszweck. Alles, was dieser Sache dienlich schien, hieß er gut, und alles was dagegen sprach, verwarf er. Das brachte ihm manchen harten Kampf. In den neunziger Jahren wurde er besonders von Herbert Spencer angegriffen, der hauptsächlich aus sozialen Gründen an der Vererbung erworbener Eigenschaften festhielt, die ja eine Voraussetzung für den Fortschritt der Menschheit bildete. Aber auch von vielen anderen Seiten wurde die „Ohnmacht der Naturzüchtung“ behauptet, und diese Meinung wurde nach der Jahrhundertwende noch allgemeiner. Weismanns Verteidigung war oft genug recht gesucht. Gegen Spencer stützte er sich auf das alte Argument von der Intelligenz der Ameisenarbeiter, die ja nicht erblich sein kann, weil die Tiere steril sind, und die auch nicht direkt „erworben“ sein kann. Schwieriger war die Beantwortung der Frage, wie die Zweckmäßigkeit entstanden wäre, welche sich bei zufälligen Eingriffen in den Organismus zeigt, z. B. bei einem Knochenbruch, der bekanntlich in bestimmter Weise heilt. Denn der Knochenbruch könne doch nicht aus der natürlichen Zuchtwahl hergeleitet werden. Hier kam Weismann eine Theorie zu Hilfe, die von dem hernach berühmt gewordenen Experimentalbiologen Roux aufgestellt wurde, der in seiner Jugend ein Werk mit dem Titel „Der Kampf der Teile im Organismus“ herausgegeben hatte. In diesem

Werke versucht Roux das, was er „funktionelle Anpassung im Organismus nennt“, zu erklären. Jedes Organ, ja jede Zelle habe eine bestimmte Struktur, die sich ändere, wenn die Bedingungen für die Funktion des Organs sich änderten, so daß unter normalen Verhältnissen das Leben des Körpers normal verlaufe. Werde aber dieser Verlauf von außen her gestört, so passen sich die Zellen und Gewebe dem neuen Bedürfnis an und verbessern den Schaden. Dieses beruht nach Roux’ Ansicht auf „einem Kampf ums Dasein“ zwischen den Zellen des Körpers, ja sogar zwischen den Molekülen in jeder Zelle, von denen jedes sich auf Kosten der Umgebung vorzudrängen bestrebt ist. Dieses Streben werde durch die allgemeinen Bedürfnisse des Körpers geregelt, wobei die schwächsten Elemente verdrängt und zerstört werden. Diese Theorie, auf die wir in einem anderen Zusammenhang zurückkommen werden, gewann sofort Weismanns lebhafte Billigung, aber stieß auf anderer Seite, z. B. bei O. Hertwig, auf Widerstand. Letzterer hob hervor, daß man doch schon bei den ersten Furchungen des Eies etwas von diesem Kampf zwischen den Zellen sehen müsse, daß aber die ersten leicht zu beobachtenden Embryonalzellen keineswegs eine Neigung zum Kampf untereinander verraten, sondern jede ihre genau begrenzte Form und ihren Platz habe. Weismann jedoch nahm die Idee von der natürlichen Zuchtwahl innerhalb des Organismus auf und verband sie mit seiner Keimplasmatheorie. In seiner Arbeit „Über Germinalselektion“ behauptet er, daß es zwischen den verschiedenen Teilen des Körpers und ihren „Determinanten“ im Keimplasma eine Wechselwirkung gäbe. Wenn z. B. ein Organ nicht benutzt werde, so werden seine Determinanten durch den Kampf im Organismus vernichtet, und das Organ verschwinde in späteren Generationen. In dieser Weise hätten z. B. die Wale ihre hinteren Extremitäten verloren. Aber auf diese Weise entschließt sich Weismann doch, wenn auch auf einem Umwege, zur Anerkennung der Erblichkeit erworbener Eigenschaften und beweist damit, daß die Selektionstheorie es schwer hat, ohne diese Hilfstheorie auszukommen. Hiermit verlassen wir die Allmacht der Naturzüchtung und wenden uns zu ihrem diametralen Gegensatz dem Neu-Lamarckismus.

Lamarcks Theorie von der direkten Einwirkung der Lebensgewohnheiten auf den Körperbau des Individuums gewann gegen Ende des Jahrhunderts besonders in Frankreich einen starken Anschluß. Als Cuviers Anhänger endlich den Schauplatz verlassen hatten, war es Lamarck, an dessen Lehre man sich hielt, um eine Grundlage für seine biologische Auffassung zu haben. Als der Glaube an die Unveränderlichkeit der Arten der Entwicklungslehre weichen mußte, suchte man ihre Ausformung lieber in der Lehre eines Landsmannes, der noch dazu älter war als Darwin. Man nannte diese Lehre „Transformismus“ und erklärte auch sie für

eine ursprünglich französische Wissenschaft. Einen beredten Vertreter fand Lamarcks Lehre hauptsächlich in Alfred Giard. Geboren im Jahre 1846 studierte er auf der École normale in Paris und wurde schließlich Professor der Zoologie an der Sorbonne und Leiter des Meereslaboratoriums in Wimereux in der Nähe von Boulogne. Als solcher wirkte er mit Erfolg bis an seinen Tod im Jahre 1908. Er ist namentlich durch seine genauen Studien über eine Menge von Meerestierformen bekannt geworden. Unter dem bezeichnenden Titel „Controverses transformistes" gab er einige Jahre vor seinem Tode eine Sammlung seiner Arbeiten und Beiträge zur Abstammungsfrage heraus, in denen er Lamarcks Lehren behandelt und entwickelt. Nach Giard geschieht die Entwicklung unter dem Einfluß zweier Kategorien von Faktoren, nämlich der primären, welche direkt auf das Individuum und indirekt auf seine Nachkommen einwirken, wie Licht, Temperatur, Nahrung und das Verhältnis zu anderen Lebewesen, also der Kampf ums Dasein, und der sekundären, zu denen alles gerechnet wird, was dazu führt, daß weniger angepaßte Lebensformen ausgeschaltet werden, also die natürliche Zuchtwahl. Giard sucht nun vor allen Dingen, das Vorhandensein der primären Faktoren zu beweisen, und führt auch verschiedene an. Zu den positiven Beweisen gehört eine Anzahl Experimente des Physiologen Brown-Séquard, der durch einen Eingriff in das Nervensystem des Meerschweinchens bei dessen Jungen Epilepsie hervorgerufen zu haben glaubte. Diese Experimente sind jedoch hernach von anderen Forschern als mißglückt und falsch gedeutet bezeichnet worden. Mehr Glück hatte Giard, als er in seiner Polemik gegen Weismann hervorhob, daß die sekundären Faktoren allein nicht ausreichten, um die Entstehung der Lebensformen zu erklären, und auf eine Reihe von Erscheinungen hinwies, die nicht durch Selektion erklärt werden könnten. Die Existenz der Selektion leugnet er dagegen nicht, wie wir sahen, aber er zählt sie zu den „sekundären" Faktoren.

Ein weit härteres Urteil über die Selektionslehre fällt Oscar Hertwig, der besonders im späteren Alter die Bekämpfung des Glaubens an diese Lehre zu seiner Aufgabe machte. Seine große, bereits früher angeführte Arbeit aus dem Jahre 1916 „Das Werden der Organismen" läuft auf eine gründliche Abrechnung mit dieser Lehre hinaus und gibt außerdem eine Zusammenfassung der Naturphilosophie, die Hertwig während seines langen und an Erfahrungen reichen Lebens ausgearbeitet hat. Als Zytologe legt Hertwig in erster Linie das Gewicht auf die Zelle und ihren Bau als Grundlage für alle Erwägungen über die Entwicklung. Die Zelle ist für ihn der Elementarorganismus, und er verwirft energisch alle Theorien über Biophoren, Plastidule und ähnliche Lebenseinheiten. Jede Lebensform hat ihre besondere Zellstruktur, und „Artzellen" gibt

es in der Natur ebensoviel wie Arten. Die Beschaffenheit der Artzelle ist es, die bewirkt, daß jede Lebensform so ist wie sie ist, und Nachkommen ihrer Art erzeugt. Die Entwicklung wird in jedem einzelnen Fall durch die Beschaffenheit der Artzelle geregelt, und das ursächliche Verhältnis zwischen „der Organisation der Anlagesubstanz der Keimzellen und den aus ihr entwickelten vielzelligen Repräsentanten der Art" nennt Hertwig „das ontogenetische Kausalgesetz", welches ein biogenetisches Grundgesetz, wie es Haeckel vorschwebt, unmöglich macht, denn ein Säugetier durchläuft in seiner Embryonalentwicklung keineswegs eine Reihe von Stadien, die mit niederen Tieren identisch sind, sondern das Ei einer jeden Säugetierart hat ebenso die spezifischen Arteigenschaften, wie das Tier selbst und alle seine Keimstadien. Das Ei enthält als Anlagen die Eigenschaften des ganzen Organismus. Den Träger der Anlage in der Zelle nennt Hertwig nach Nägeli Idioplasma, begnügt sich aber gewöhnlich damit, daß er von den Anlagen der Artzelle redet. In der Vererbungsfrage nimmt er einen durchaus morphologischen Standpunkt ein und fordert, daß die materielle Grundlage der Vererbungserscheinungen gebührend beachtet und erforscht werde, wobei er sich gegen Johannsens physiologische Auffassung dieser Erscheinungen wendet. Mit großer Bestimmtheit besteht er auf der Vererbung erworbener Eigenschaften, d. h. auf der umbildenden Wirkung der äußeren Lebensbedingungen auf die Erbanlagen, und zur Stütze seiner Behauptung führt er eine Reihe Experimente an, die aber von der modernen Vererbungsforschung anders gedeutet werden, z. B. Kammerers Versuche mit Farbenveränderung beim Salamander und Towers Experiment mit der Entwicklung von Käfern. Indem Hertwig in diesem Punkte sich Lamarck nähert, weist er mit Bestimmtheit jede Berührung mit Darwins Selektionslehre zurück. Die Schwächen dieser werden mit großer Schärfe beleuchtet, und es wird besonders hervorgehoben, wieviel diese Theorie aus menschlichen Verhältnissen entlehnt und außerdem noch falsch gedeutet hat. Der Züchter, der die geeigneten Varietäten auswählt, schafft damit nichts Neues, sondern greift nur heraus, was ihm paßt, und in der Natur findet sich nichts dem entsprechendes. Der Kampf ums Dasein tötet keine Wesen, denn die Massen, welche sterben, sterben aus ganz anderen Ursachen. Daß die Selektion gewisse Variationen begünstige, setzt als wirkende Ursache den Zufall voraus, aber der Zufall ist keine naturwissenschaftliche Erklärung. Ebensowenig wird auch die oben angeführte Theorie vom Kampf der Teile innerhalb des Organismus gebilligt, denn auch von ihm wird behauptet, daß er auf ganz falschen Schlußfolgerungen beruhe.

Noch einmal ergriff Oscar Hertwig in seiner Streitschrift „Zur Abwehr des ethischen, des sozialen, des politischen Darwinismus" das

Wort, um die Auswüchse des Darwinismus im Staatsleben zu bekämpfen. Eine Anzahl Schriftsteller, teils Biologen mit mangelhaften sozialen Kenntnissen, teils politisierende Verfasser verschiedener Art, hatten nämlich jene Theorie vom Kampf ums Dasein und von der Selektion dazu benutzt, um eine neue Staatstheorie zu proklamieren, in der sie alle christlich betonten Liebeswerke und sozialen Gleichheitsbestrebungen verurteilten und dagegen Krieg, soziales Elend und inhumane Konkurrenz als Vorgänge und Zustände priesen, die geeignet wären, schwächere und weniger lebensfähige Menschen auszumerzen und dadurch den Fortschritt zu fördern. Gegenüber diesen Behauptungen macht Hertwig geltend, daß Naturerscheinungen nicht zur Richtschnur menschlichen Kulturlebens gemacht werden dürften. Recht und Moral hätten ihren Ursprung nur im Zusammenleben der Menschen. In der Natur fände sich nichts Derartiges, denn wenn ein Raubtier seine Beute zerreiße, so handle es weder recht, noch unrecht, sondern entsprechend seiner Natur. Den Kampf ums Dasein zur Grundlage des Staatslebens machen, hieße alles zerstören, was die Kulturarbeit vergangener Zeiten aufgebaut hätte. Krieg und ökonomisches Elend könnten nichts fördern, denn sie vernichteten im Gegenteil die Tüchtigen zusammen mit den Untüchtigen. Hertwig wagte noch in den schwersten Tagen des Weltkrieges auf eine friedliche Auseinandersetzung zwischen den Völkern zu hoffen. Eine solche erlebte er aber nicht, denn als er im Jahre 1922 starb, waren die unglücklichen Folgen des Krieges über die ganze Menschheit und besonders über sein Vaterland mit furchtbarer Deutlichkeit hereingebrochen, und man sagt, daß der Gram über all dieses Unglück die Kraft des alten Vaterlands- und Menschenfreundes gebrochen und sein Leben verkürzt hätte.

Es mögen hier noch einige Beispiele von Abstammungstheorien angeführt werden, mehr als Beweis für die wachsenden Schwierigkeiten, mit denen Darwins Nachfolger zu kämpfen hatten, als wegen des tatsächlichen Wertes ihrer Resultate. Theodor Eimer (1843—1898), ein Landsmann und Schüler von Kölliker, schließlich Professor in Tübingen, suchte die Schwierigkeiten der Abstammungslehre hauptsächlich im Sinne von Nägeli zu lösen. Er verwarf Darwins Theorie von den Variationen in allen möglichen Richtungen als Grundlage der Selektion. Die Entwicklung der organischen Formen müsse, meint er, im Gegenteil auf einer in bestimmter Richtung wirkenden Kraft beruhen, die durch äußere Einflüsse, wie Licht, Luft, Wärme, Nahrung, beeinflußt werde und ihrerseits der Selektion dasjenige Material an Veränderungen liefere, auf welches die Auslese wirke. Diese in bestimmter Richtung geschehende Entwicklung nennt er Orthogenesis und sucht ihre Unentbehrlichkeit bei der Artbildung zu beweisen. Die Auslese allein könne nichts Neues schaffen, sondern es sei im Gegenteil diese innere,

aber von außen her beeinflußte Kraft, welche in Wahrheit die Lebensformen hervorbringe. Als Beweis führt er eine Menge Beobachtungen teils über Farbenveränderungen der Schmetterlinge, teils über die Entwicklung des Skelettes der Wirbeltiere an, welche viel Aufsehen erregten und um Eimer eine zahlreiche Schülerzahl sammelten, jetzt aber nicht mehr aktuell sind.

Einen anderen Weg schlug Richard Semon (1859—1919) ein, ein Schüler von Haeckel, der eine zeitlang Professor in Jena war. Auch seine Entwicklungstheorie beruht ganz auf dem Glauben an die Vererbung erworbenen Eigenschaften, aber er versucht dieser Theorie durch eine neue Formulierung ein zeitgemäßeres Gepräge zu geben. Nach seiner Meinung lag die Schwäche der früheren Theorien in der Unklarheit des Begriffes Eigenschaft, der durch den Begriff Reaktion zu ersetzen wäre. Die Formel sollte also lauten: Die Vererbung erworbener Reaktionen. Denn die Vererbung beruhe auf der Beschaffenheit des Keimplasmas und dieses reagiere in gesetzmäßiger Weise auf die Einwirkung des allgemeinen Körperzustandes. Die Fähigkeit der lebenden Substanz zu reagieren, ihre „Reizbarkeit" sei die eigentliche Ursache der Entwicklung. Auch vorübergehende Einwirkungen hinterlassen Eindrücke, die für die spätere Entwicklung bestimmend seien. Solche Eindrücke werden „Engramme" genannt, und auf dem Zusammenwirken der von außen im Körper hervorgerufenen Engramme und des Keimplasmas beruhe die veränderte Formbildung der neuen Generationen, auf welche die Auslese weiter ihre Wirkung ausübe. Diese Beeinflussung des Keimplasmas durch die Körpersubstanz nennt Semon „somatische Induktion" und die bei der lebenden Substanz vorausgesetzte Fähigkeit, äußere Eindrücke zu bewahren, auf der die ganze Theorie aufgebaut ist, nennt er „Mneme". Die Menge von Beweisen, die Semon für seine Theorie von der Vererbung äußerer Einflüsse anführt, sind von den Vertretern der experimentellen Vererbungsforschung abgelehnt oder umgedeutet worden. Die rein entwicklungsgeschichtlichen Beweise waren zum Teil der Paläontologie entnommen, wie z. B. die Verkümmerung von Zehen bei etlichen Tierformen, zum Teil der Embryologie, z. B. daß die Haut der Fußsohle des Menschen schon im Embryonalstadium dicker ist als die der übrigen Körperteile. Aber diese Beweise können nicht als exakt und bindend angesehen werden, da es nicht möglich ist, den tatsächlichen Entwicklungsverlauf in dieser Hinsicht zu prüfen. Die experimentellen Beweise werden im folgenden näher erörtert werden. Sie kehren in recht eintöniger Form bei allen Lamarckisten wieder und werden von ihnen für voll genommen, während andere Forscher entweder in den Experimenten selbst, oder in ihrer Deutung Fehler finden.

Nur im Vorbeigehen mag hier noch eine auf Lamarck zurückgehende Richtung kurz erwähnt werden, die unter anderem vom Münchener

Professor August Pauly (1850—1914) vertreten wird. Dieser sucht die Ursache der Entwicklung in einem bewußten, psychischen Streben der Organismen und aller ihrer Elemente nach einem gewissen Ziele. Diese Theorie gehört kaum mehr in das Gebiet der Naturwissenschaft, denn sie überschreitet die Grenze der Metaphysik und verdient nur Erwähnung als ein weiterer Beweis dafür, wie verzweifelte Auswege die Deszendenzspekulation schließlich ausgeklügelt hat. Als Stütze für seine Ansicht führt Pauly auch wieder die abgegriffenen Beispiele für die Vererbung erworbener Eigenschaften an.

Der Streit zwischen den Anhängern und Gegnern der Theorie von der Vererbung erworbener Eigenschaften erinnert in gewisser Hinsicht an die Fehde wegen der Urzeugung zwischen Pasteur und Pouchet. Man konnte sich über die Deutung der Experimente, auf denen die Theorien aufgebaut waren, nicht einigen. Und auch in diesem Fall will es scheinen, als würden die praktischen Konsequenzen das Urteil über den Wert der Theorie fällen, denn weder Tier-, noch Pflanzenzüchter haben die Theorie von der Vererbung erworbener Eigenschaften anwenden können, und diejenigen unter ihnen, welche daran glaubten, befanden sich auf demselben primitiven empirischen Standpunkt, den ihre Berufsgenossen lange vor Darwins Zeit einnahmen, während die nach Mendels Methode arbeitende, moderne Rassenforschung Resultate von ganz anderem, praktischem Werte zeitigte und in der Tat die landwirtschaftlichen Methoden der Rassenveredlung vollkommen umgestaltet hat.

Während also beide, sowohl die Selektionslehre als auch der Lamarckismus, ihre Fürsprecher hatten, die jeder aus seiner Richtung die äußersten Konsequenzen zogen, wurde auch der von Darwin selbst eingeschlagene Mittelweg noch bis in unsere Tage von angesehenen Forschern betreten. Als Beispiel eines solchen mag hier Ludwig Plate (geb. 1862), Haeckels Schüler und Nachfolger in Jena, genannt sein. Nachdem er seine theoretische Auffassung in etlichen Einzeluntersuchungen sowohl morphologischer, als auch experimenteller Natur angewendet hatte, faßte er seine Hauptargumente in einem umfangreichen Werk „Selektionsprinzip und Probleme der Artbildung" zusammen, von dem man sagen kann, daß es alles enthält, was in unserer Zeit zur Verteidigung des alten Darwinismus angeführt werden kann. Und als Vorkämpfer dieser Theorie hat Plate sich ein großes Verdienst durch Reichtum an Kenntnissen, starke Überzeugung und Ehrlichkeit erworben. Vom Übermut seines Lehrers Haeckel hat er sich ganz frei gehalten. Er will mit Hilfe der Selektionslehre keineswegs die Grundeigenschaften der lebenden Substanz, Assimilation, Wachstum, Atmung usw., erklären, ebenso wenig die Variabilität und die Vererbung. Die einzige Aufgabe der genannten Lehre besteht nach seiner Meinung in der Erklärung des Entstehens der zweck-

mäßigen Ordnung, soweit sie nicht zu den Elementareigenschaften gehört, oder auf Lamarcksche Faktoren zurückzuführen ist. Darwins größtes Verdienst besteht nach seiner Meinung „in seinem Versuche, die organische Zweckmäßigkeit aus den in der Natur herrschenden Kräften unter dem Verzicht auf jedes metaphysische, mit bewußter Intelligenz wirkende Prinzip zu erklären". Die Zweckmäßigkeit wird hier also zur Haupteigenschaft des organischen Lebens und von der Anpassungsfähigkeit wird ausdrücklich behauptet, daß sie in erster Linie die lebenden Körper von den unbelebten unterscheide. Im Eifer der Verteidigung der Selektionslehre gleitet Plate, ohne es, wie es scheint, zu merken, in eine bedenkliche Nähe von Johannes Müllers alter Zweckmäßigkeitslehre und weit ab von Haeckel, der ja die rudimentären Organe zu seiner Zeit als unzweckmäßig bezeichnen wollte[1]) und die Wissenschaft von ihnen als „Dysteleologie". Übrigens erörtert Plate alle verschiedenen Arten von Zweckmäßigkeit, die Korrelationserscheinungen, die mechanischen Gleichgewichtsverhältnisse, die embryonalen Strukturen, die schützende Ähnlichkeit und andere, um Beweise für das Wirken der natürlichen Zuchtwahl zu finden. Soll aber die Selektionslehre demnach mit der Lehre von der Zweckmäßigkeit in der Natur stehen und fallen, so folgt daraus unbedingt, daß die Rolle der Auslese fortfällt, sobald ein anderer Maßstab an die Naturerscheinungen gelegt wird. Und wie schon früher hervorgehoben wurde, hat sich schon seit den Zeiten des alten Demokritos die Forschung stets dem Ziel genähert, in der Natur gesetzmäßige Notwendigkeit ohne alle Zweckmäßigkeitserklärungen sehen zu wollen. Aber dann wird, wie Johannsen sagt, die Zweckmäßigkeit in einem Organismus bloß ein Ausdruck dafür, daß „die Organismen in dynamischem Gleichgewicht stehende Systeme sein müssen", und daß Zweckmäßigkeit ohne Ausnahme in und mit der Organisation als solcher besteht. Von diesem Standpunkt aus gibt es natürlich keine Erklärung der funktionellen Anpassung der Organismen durch äußere Ursachen, durch welche Anpassung diese sich von den toten Naturobjekten unterscheiden; sie wird im Gegenteil zu einem Problem des Lebens selbst. Aber man ist der anthropomorphistisch kindlichen Spekulationen über zweckmäßige und nicht zweckmäßige Organisationsformen enthoben, die in der Tat ein Eingeständnis bedeuten, daß man die Gesetzmäßigkeit der Natur nicht fassen kann. Die schwache Seite des Standpunktes erhellt auch aus solchen Aussprüchen von Plate, in denen er

---

1) Haeckel hat besonders den Blinddarm als Beispiel für die mangelnde Zweckmäßigkeit der Natur hervorgehoben, da er zu nichts nütze und nur gefährliche Entzündungen hervorrufe. Dieses Urteil ist in der Tat besonders naiv, denn ein gesunder Blinddarm hat natürlich teil am Stoffwechsel, und die Gefahr zeitweiliger Entzündung teilt er mit jedem anderen Teil des Darmes.

zugibt, daß die unorganische Natur keine Zweckmäßigkeit zeige außer in Beziehung zu den Organismen, und daß jede Deutung einer organischen Eigenschaft als Anpassung ein Werturteil und als solches ausgeschlossen für die unbelebten Zustände und Vorgänge sei. Werturteile gehören aber ein für allemal in ein ganz anderes Gebiet der menschlichen Gedankenarbeit, als es die Naturwissenschaft ist.

Unter solchen Umständen ist es von geringerem Interesse, Plates Versuche, alle möglichen Einwände gegen die Selektionslehre zu widerlegen, hier weiter zu verfolgen. Unter anderem gibt er ehrlich zu, daß die Auslese niemals beobachtet werden könne, tröstet sich aber mit den zahlreichen indirekten Gründen, die man als Stütze für sie anführen könne. Außerdem behauptet er bestimmt, daß neben der Auslese noch äußere Umstände umbildend auf die Organismen und ihre Nachkommen einwirken und lehnt folglich sowohl Weismanns Theorie von der Allmacht der Naturzüchtung, als auch Eimers und anderer Neu-Lamarckisten Verneinung der umbildenden Fähigkeit der Auslese ab. Auch zu den Ergebnissen der experimentellen Vererbungsforschung sucht er von seinem Standpunkt aus Stellung zu nehmen und behandelt sie in einer besonderen Schrift über die „Vererbungslehre“.

Hiermit können wir die Abstammungslehre im alten darwinistischen Sinne verlassen. Die moderne Vererbungsforschung hat in der Entwicklungsfrage einen anderen, wesentlich experimentellen Weg beschritten, und in demselben Maße hat die alte, morphologische Spekulation über die Herkunft der Arten und Gattungen schwinden müssen, wie ja stets in der Geschichte der exakten Wissenschaften die Spekulation vor den Tatsachen weichen muß. Es war die Schwäche der alten Abstammungslehre, daß sie durchaus äußere Erklärungsgründe für die Lebenserscheinungen suchte, die Auslese sowohl wie auch direkte äußere Einwirkung sollten die Erscheinungen erklären, die in der Tat Äußerungen der Lebensvorgänge selbst sein mußten. Jedoch zeigt sich auch schon hier eine größere, durch die vermehrte Kenntnis von Tatsachen geförderte Besonnenheit, denn es liegt ein himmelweiter Unterschied zwischen Haeckels Glauben an die Möglichkeit, durch den Darwinismus alles und jedes zu erklären, und Plates anspruchsloser Beschränkung der Rolle der Auslese auf die Erklärung der zweckmäßigen Einrichtungen der Lebewesen, soweit sie nicht Elementareigenschaften sind. Ja, aber warum soll man sie denn nicht alle Elementareigenschaften sein lassen? Man entginge damit dem seit den ältesten Zeiten bekannten Bestreben des Menschen zu allem äußere Ursachen zu suchen. Ehedem sah man in den Lebenserscheinungen eine göttliche schaffende Macht. Als diese nicht mehr wahrgenommen werden konnte, suchte man nach einer materiellen schaffenden Kraft. In den Gedanken, daß die Entwicklung ein Teil des Lebens selbst sein

könnte, konnte man sich schwer finden. Wir werden im folgenden die Entwicklungsfragen in der Form betrachten, die sie in der modernen Vererbungsforschung angenommen haben.

Kapitel XLV.

Experimentelle Biologie.

1. Experimentelle Morphologie.

Die Geschichte der Biologie könnte eigentlich mit der Feststellung der Auflösung des Darwinismus abschließen. Diese Theorie bildet ohne Zweifel ein Gedankengebäude für sich, und die Ideen und Forschungsmethoden die an ihre Stelle treten, sind noch im Werden begriffen und ihre Entwicklungsmöglichkeiten können höchstens zu Vermutungen Veranlassung geben. Eine summarische Übersicht über die Errungenschaften der neuesten Biologie dürfte jedoch hier am Platze sein, erstens als eine weitere Begründung des Unterganges der alten Ideen und zweitens wegen des Interesses, das die neuen Entdeckungen an und für sich beanspruchen. Der Verfasser, der selbst ausschließlich auf dem Gebiete der alten Morphologie gearbeitet hat, und der sich aus diesem Grunde nicht für zuständig hält, mit schon vorhandenen, vorzüglichen Darstellungen von der Entwicklung der experimentellen Biologie zu wetteifern, will im folgenden bloß eine äußerst gedrängte Übersicht der neuen Forschungsergebnisse und einen kurzen Bericht über die durch dieselben veranlaßten theoretischen Betrachtungen geben.

In einem zur Feier der Jahrhundertwende im Jahre 1900 gehaltenen Vortrage schildert Oscar Hertwig kurz die Geschichte der Biologie des abgelaufenen Jahrhunderts und urteilt scharf über die Physiologie, die nach seiner Meinung eine glänzende Technik des Experimentierens ausgebildet und eine Menge von Tatsachen hinsichtlich der chemischen und physikalischen Prozesse in den Organismen ermittelt, aber dabei alle anderen Lebensphänomene vernachlässigt hatte, denn die Befruchtung und Embryonalentwicklung wären ganz und gar Gegenstände morphologischer Forschung gewesen und wären von Anatomen, Zoologen und Botanikern behandelt worden. Während demnach die Physiologen vom Fach einem leeren Mechanismus huldigten und sich die Erklärung des Lebens nur als chemisch-physikalisches Problem vorstellten, ermittelten die Morphologen die für die Lebenserscheinungen charakteristischen strukturellen Verhältnisse der Grundelemente des Körpers und erweiterten dadurch die Kenntnis vom Leben in einem Bereiche, wo Chemie und Physik nichts ausrichten konnten. Diese gegen die alte klassische Physiologie gerichtete Beschuldigung war gewiß in mancher Hinsicht berechtigt.

Durch ihre Abgeschlossenheit geriet die Physiologie in einen Gegensatz zur Morphologie, der schwere Folgen hatte, zumal die experimentelle Methode und die physiologische Betrachtungsweise der Morphologie fremd blieben, und diese daher in einseitige phylogenetische Spekulationen verfiel. Zuerst befreite sich die Botanik von dieser Einseitigkeit, denn auf ihrem Gebiete traten schon früh Forscher hervor, die physiologische Probleme sowohl zu erspähen, als auch zu lösen verstanden.

Julius Sachs wurde im Jahre 1832 zu Breslau in einer armen Familie geboren. Seine Schulzeit wurde durch Entbehrungen getrübt, und er konnte die Schule nur beendigen dank dem Wohlwollen des alten Purkinje, dessen Söhne seine Schulkameraden waren. In ihrem Hause fand er Hilfe und Anregung besonders in seinem früh erwachten Interesse für Botanik. Als Purkinje nach Prag zog, waren die Aussichten des jungen Sachs trübe genug, zumal er auch schon seine Eltern verloren hatte. Zum Glück wurde er aber von seinem Wohltäter nicht vergessen und durfte ihm nach Prag folgen, wo er in dessen Institut als Präparator und Zeichner beschäftigt wurde, während er seinen Studien oblag. Nach Abschluß der Studien wurde er auf der Forstakademie in Tharand als Lehrer der Botanik angestellt, erhielt darauf eine ähnliche Anstellung in Bonn und wurde schließlich im Jahre 1868 als Professor nach Würzburg berufen, wo er während fast dreier Jahrzehnte als Forscher und Lehrer gleich erfolgreich wirkte und in der Glanzperiode seines Wirkens Würzburg zu einem internationalen Mittelpunkt für botanische Forschung machte. Gegen das Ende seines Lebens nahmen seine Kräfte ab und er verlor die Fähigkeit, dem Entwicklungsgang seiner Wissenschaft zu folgen. Sein von Anfang an recht starkes Selbstgefühl duldete im Alter keinerlei abweichende Meinungen, was zum Schluß zu seiner Isolierung und Verbitterung führte. Er starb im Jahre 1897.

Sachs gehörte zu den frühesten Anhängern des Darwinismus, und er betrachtete während seines ganzen Lebens die Biologie aus dem Gesichtswinkel der Abstammungslehre. Aber auch Nägeli hatte großen Einfluß auf ihn, so daß er sich z. B. der Ansicht von den inneren Ursachen der Formenbildung bei den Lebewesen anschloß und auch die Theorie von der Zusammensetzung des Protoplasmas aus festen Teilchen, die durch wassergefüllte Zwischenräume getrennt wären, annahm. Hinsichtlich der Vererbung erinnern Sachs' Ansichten am meisten an Weismanns Keimplasmatheorie.

In erster Line ist Sachs der Schöpfer der neuen experimentellen Pflanzenbiologie. Diese hatte eigentlich seit den Zeiten von Saussure keine nennenswerten Fortschritte gemacht, da sowohl die Botaniker der romantischen Schule als auch ihre nächsten Nachfolger sich hauptsächlich mit Morphologie beschäftigten. Sachs dagegen widmete sich

von Anfang an zielbewußt der Frage von der Physiologie der Pflanzen und den Methoden ihrer Erforschung. Unter seinen ersten Arbeiten ist zu nennen seine Untersuchung über die physiologische Rolle des Chlorophylls, die er in den wesentlichsten Zügen klarlegte, indem er fand, daß das erste Produkt der Kohlensäureassimilation die Stärke ist und daß das Sonnenlicht dabei eine ausschlaggebende Rolle spielt. Er untersuchte auch die verschiedenen Teile des Sonnenspektrums hinsichtlich ihres Einflusses auf die Ernährung der Pflanzen. Ferner ermittelte er die weiteren Umsetzungen und den Transport der Nahrung innerhalb der Pflanze. Er studierte alle Lebensprozesse im Pflanzenreiche im Hinblick auf ihre Intensität und drückte diese in graphischer Form aus. Vor allem jedoch untersuchte er systematisch die Bewegungen der Pflanzen und entdeckte, daß die Wachstumsrichtung von der Schwerkraft abhängt. Er erfand einen rotierenden Apparat, mittels dessen er das Wachstum unter abnormen Verhältnissen studieren konnte. Alles, was unter dem Namen Tropismen im Pflanzenreiche bekannt ist, verdankt man seiner Untersuchungsmethodik und grundlegenden Erforschung. Als Grundlage aller dieser Erscheinungen sieht er die Reizbarkeit an, die nach seiner Meinung eine Eigensceschaft nur des lebenden Protoplasmas ist und die er genau in bezug auf ihre verschiedenen Äußerungen analysiert. Diese Untersuchung war von großer Bedeutung für die Zukunft. Schließlich ist zu erwähnen, daß Sachs zu seiner Zeit einer der hervorragendsten Verfasser von Lehrbüchern war. Durch seine Handbücher wurden die von ihm entdeckten Tatsachen und seine Ideen weit über den Kreis seiner persönlichen Schüler hinaus bekannt.

Unter diesen Schülern verdient besonders Wilhelm Pfeffer genannt zu werden. Geboren im Jahre 1845 wurde er schon sehr jung Professor, zuerst in Tübingen, dann in Leipzig, wo er seitdem als vorzüglicher Lehrer und Forscher bis zu seinem Tode 1920 tätig war. Er hat besonders das Wachstumsphänomen bei den Pflanzen unter der Wirkung äußerer und innerer Einflüsse studiert. Von den äußeren Einflüssen hat er etliche untersucht und wertvolle Beiträge zu ihrer Kenntnis und zur Technik ihrer Untersuchung geliefert. Er betont jedoch mit Bestimmtheit, daß die äußeren Einflüsse nicht direkt umbildend wirken, sondern nur eine verändertes Geschehen innerhalb der Pflanze hervorrufen. Im Studium dieser Wechselwirkung zwischen äußerem Einfluß und inneren Lebensäußerungen sah er das eigentliche Ziel der Biologie, und „die formative Determinierung der Zellen und der Organe“ war Gegenstand seiner eingehenden Analyse. Hierbei beachtete er genau alle einschlägigen Faktoren, soweit sie berechnet werden konnten, und wies unbegründete Vereinfachungsversuche zurück. Demnach hob er mit Bestimmtheit hervor, die Zellteilung sei ein physiologischer Prozeß und nicht bloß die Folge

vergrößerter Oberflächenspannung in der Zelle, wie mechanistisch schematisierende Forscher dieses Phänomen erklären wollten. Wir finden übrigens auch die Spuren von Pfeffers Einfluß hinsichtlich der Problemstellung und allgemeiner Gesichtspunkte in der experimentellen Zoologie, was die Forscher auf diesem Gebiete offen zugeben. Noch größer war seine Bedeutung für die botanische Spezialforschung. Er wird allgemein für eine der leitenden Persönlichkeiten in der Botanik unserer Zeit angesehen.

Ein anderer bedeutender Schüler von Sachs ist Karl Eberhard Goebel (geb. 1855), der eine Zeitlang Assistent in Würzburg war und hernach an verschiedenen Universitäten, zuletzt in München, als Professor der Botanik tätig gewesen ist. Er ist ein vielseitiger Forscher, Pflanzengeograph mit reichen Erfahrungen aus den Tropen, Morphologe und Physiologe. Als Morphologe hat er stets bestimmt die Abhängigkeit der Form von der Funktion betont. Die Morphologie dürfe nicht mehr, wie das früher geschah, von der Physiologie getrennt werden. Er verwendet das alte Wort Metamorphose zur Bezeichnung von Organentwicklung, aber nicht im alten idealistischen Sinne, sondern um damit auszudrücken, daß mit der veränderten Funktion die Form sich ändert. „Unser Metamorphosenbegriff ist also zunächst ein ontogenetischer, und darum ein experimentell faßbarer und beweisbarer,“ sagt Goebel. „Indifferente Anlagen“ gibt es nach ihm nicht, denn jede Anlage hat ihre besonderen Eigenschaften, die ihre Entwicklung bestimmen und diese kann nur durch bestimmte Veränderungen in den Lebensbedingungen geändert werden. „Wenn wir eine ‚Blatt‘-anlage auf irgendeinem Stadium ‚indifferent‘ nennen, so heißt das im Grunde nichts anderes, als die kausale Verknüpfung der Entwicklungsvorgänge leugnen“. Diese Änderungen in den Lebensverhältnissen können auf experimentellem Wege beschafft werden, und dadurch können außerordentlich wichtige Erfahrungen über die Organbildung der Pflanzen erlangt werden. Weiter im einzelnen Goebels experimentelle Forschungen auf dem Gebiete der „Organographie“, wie er das Studium der Beziehung zwischen Form und Funktion eines Organs nennt, zu verfolgen, verbietet uns der Raum. Jedenfalls hat er sich durch sie sehr große Verdienste um die Kenntnis der Pflanzenentwicklung und des mechanischen Verlaufes der Entwicklung im allgemeinen erworben.

Jedoch auch außerhalb der Schule von Sachs hat die experimentelle Pflanzenbiologie eine Menge bedeutender Namen und glänzender Resultate aufzuweisen, doch können wir hier nur ein paar Beispiele anführen. Julius Wiesner (1838—1916), Professor in Wien, ist bekannt wegen seiner wertvollen Experimente auf dem Gebiete der technischen Botanik, besonders aber wegen seiner gründlichen und vielseitigen Behandlung des Problems hinsichtlich der Einwirkung des Lichtes auf die Pflanzenwelt, die er in

verschiedenen Gegenden und unter verschiedenen experimentellen Bedingungen studierte. Hans Karl Albert Winkler (geb. 1877), Professor in Hamburg, entdeckte die eigentümlichen Pfropfbastardphänomene, bei denen durch Pfropfen Formen mit eng vereinigten oder einander durchwachsenden Zellgeweben zweier verschiedener Pflanzenarten hervorgebracht werden.

In der Zoologie hat die experimentelle Methode langsame Fortschritte gemacht. Ihre Entwicklung ging in der Tat Hand in Hand mit der neuen Auffassung von den Grundproblemen der Biologie, die ganz allmählich die alten Probleme der Phylogenie aus der Blütezeit des Darwinismus verdrängten. Man kann sagen, daß der neue Grundsatz schon von Kleinenberg ausgesprochen worden ist, und zwar in seinem oben angeführten Satz, daß die Form eines Organes von der Funktion, nicht von der Herkunft abhänge. Ungefähr gleichzeitig mit dieser Äußerung suchte August Rauber (1842—1917), Professor der Anatomie in Dorpat, die Bedingungen und Gesetze der ersten Formbildung beim Wirbeltierembryo zu ermitteln. Im Gegensatz zur Ansicht der Zeitgenossen von der Unabhängigkeit der Zellen meint er, das Ganze beherrsche die Teile und nicht umgekehrt. In der Eizelle seien durch die Verteilung der Materie die Furchungsrichtungen bestimmt, das Wachstum sei das Primäre, die Furchung das Sekundäre. Die Teilung in viele Zellen erleichtere den Stoffwechsel und verleihe dem Organismus eine größere Festigkeit und ermögliche durch die Spezialisierung der Elemente eine zunehmende Arbeitsteilung. Aber stets bleibe der Organismus ein Ganzes, unter dessen Einfluß sich die Teile entwickeln. Durch seine Versuche, im einzelnen die Bedingungen für die einzelnen Entwicklungsphasen zu ermitteln, ist Rauber neben den schon genannten Forschern, His, Goette und Kleinenberg, ein Vorgänger der späteren entwicklungsmechanischen Schule geworden.

Als Gründer dieser Schule wird einstimmig Wilhelm Roux (1850 bis 1924) genannt. Er wurde zu Jena geboren, wo sein Vater Fechtlehrer war. Er studierte zuerst bei Haeckel, sodann in Straßburg bei Goette und in Berlin. Professor wurde er zuerst in Innsbruck, später in Halle, wo er in den Jahren 1895—1921 wirkte. Als Forscher wurde er von jüngeren Kräften überholt, aber als Bahnbrecher wird man ihn stets nennen. Die experimentelle Richtung hat übrigens von anderer Seite, nämlich durch Schüler der oben genannten Pflanzenphysiologen Sachs und Pfeffer Zuzug erhalten, deren Ideen in vieler Hinsicht mit denen der zoologischen Entwicklungsmechanik übereinstimmen.

Roux war also Schüler von Haeckel und Goette und seine Arbeiten weisen Spuren des Einflusses beider Lehrer auf, und zwar nicht nur in der Jugend, sondern auch im späteren Alter. Die Phylogenie war noch

in den neunziger Jahren das Ziel seiner Forschungen, und der Kampf ums Dasein und die Auslese erschienen ihm als die wichtigsten Kräfte. Sein Ziel will er aber nicht, wie Haeckel, durch den bloßen Vergleich zwischen primitiveren und entwickelteren Formen erreichen, sondern durch die Untersuchung des mechanischen Verlaufes der ontogenetischen Entwicklung, also nach dem Programm, das Goette vorschwebte. Übrigens hat Roux auch mit Weismann Berührungspunkte, dessen Keimplasmatheorie er annimmt. Er verwirft folglich die Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften. Mit Weismann hat er auch das gemein, daß er sich gern mit hypothetischen Lebenseinheiten befaßt, von denen er eine ganze Reihe aufzählt, bei denen wir uns jedoch nicht aufhalten wollen. Schon aus diesem Grunde kam er auf einen gespannten Fuß mit O. Hertwig, der, wie wir sahen, anderen Ideen huldigte. Andererseits überwarf er sich mit Haeckel und anderen Altdarwinisten wegen seiner mechanischen Entwicklungstheorie.

Die theoretischen Spekulationen über die Abstammungslehre bilden jedoch eine weniger wichtige Seite in Roux' Forschertätigkeit. In erster Linie ist er doch der Gründer der experimentellen Embryologie, und gleichviel ob die Theorien, welche er aus seinen Versuchen ableitet, im Laufe der Zeit angenommen oder verworfen wurden, so steht doch eines fest, daß er eine besondere, fruchtbare und von den Zeitgenossen in weitem Maße angewendete Forschungsmethode geschaffen hat. Aber auch auf die theoretische Auffassung der Ziele der Biologie hat er einen wesentlichen Einfluß ausgeübt. Er hat der Forschung eine Reihe von Problemen gestellt, die viele nach seinem Beispiel in Angriff nahmen und die in bedeutendem Maße die biologische Forschung unserer Zeit beherrschten. Selbst hat er als das Ziel der neuen Wissenschaft, die er schaffen wollte, die Ermittlung der wirklichen Bildungsursachen angegeben, denen alle Lebewesen und jedes Individuum für sich ihre Entstehung verdanken und für die die ältere „beschreibende Naturwissenschaft“ versäumt hat sich zu interessieren. Diese Ursachen ‚oder „formbildenden Kräfte“, durch die der einzelne Organismus Schritt für Schritt die ihm zukommende Form erhält, müssen seiner Meinung nach in erster Linie mittels des Experimentes studiert werden, d. h. es müssen durch verschiedene Eingriffe in einen Entwicklungsverlauf in diesem Änderungen hervorgebracht werden, damit man durch Kombination der Resultate die Ursachen des Verlaufes ermitteln könne. Auf diesem Wege werde eine „kausalanalytische Forschung“ geschaffen, wie sie die Chemie und Physik schon in vielen Fällen zustande gebracht hätten.

Roux ging, wie gesagt, von einer Theorie über eine durch natürliche Auslese innerhalb des Organismus bewirkte funktionelle Anpassung aus. Diese Theorie suchte er auf gewisse Wirbeltierorgane anzuwenden.

Er maß eine große Anzahl von Muskeln des Menschen und suchte festzustellen, inwiefern ihre Dimensionen voneinander abhängig wären. Ferner untersuchte er den Schwanz des Delfins vom mechanischen Gesichtspunkt aus und suchte die Linien und Kurven festzustellen, die die Gewebe desselben bilden, damit die ganze Flosse ihre mechanische Funktion ausüben könne. Bald jedoch ging er ganz auf die Embryologie über und stellte sich hier die Frage, in welcher Hinsicht und von welchem Zeitpunkt an gewisse Organe und Gewebe bezüglich ihrer Form und Funktion im Keime vorausbestimmt wären und inwiefern man diese Vorausbestimmung durch verschiedene Einwirkungen beeinflussen könne. Dieses Problem enthält ja eigentlich den alten Gegensatz von Präformation und Epigenese in einer neuen Formulierung, und die Erörterung dieser Frage in ihrer neuen Gestalt, die sie im Laufe der experimentellen embryologischen Arbeiten annahm, wurde in weitem Maße fortgesetzt. Roux selbst stellte sich unter dem Einfluß von Weismann und Sachs auf den Standpunkt der Kontinuität des Keimplasmas und hielt dafür, daß sehr früh schon eine Determination der verschiedenen Teile des Embryos stattfinde. Die erste Furchungsebene des Froscheies bestimmt nach seiner Meinung die Rückenlinie des Individuums, und die Furchungsebene werde durch die Bahn des eindringenden Spermatozoons bestimmt. Die Vorderseite des werdenden Tieres sei dagegen schon im Ei durch die Ansammlung des Bildungsplasmas festgelegt. Jede folgende Furchung grenze neue werdende Teile des Embryos ab, denn bei jeder Kernteilung werde die Vererbungssubstanz ungleich in den Tochterzellen verteilt, wodurch der Wert dieser gleichfalls ungleich und die ganze Entwicklung, wie er sagt, eine Mosaikarbeit werde. Als Beweis für seine Theorie führte Roux eine Reihe von Experimenten aus, die zu ihrer Zeit allgemeines Interesse erregten. Er behandelte ein vor kurzem befruchtetes Froschei in der Weise, daß er mit einer heißen Nadel die eine der beiden ersten Furchungskugeln wegbrannte. Es bildete sich daraufhin zuerst die eine Hälfte eines Embryos, die sich hernach zu einem ganzen Tier regenerierte. Noch eine Menge anderer ähnlicher Experimente wurde von Roux ausgeführt, und wenn auch seine Technik noch einfach war im Vergleich mit den von seinen Nachfolgern später ausgearbeiteten Methoden, so war er es doch, der zuerst diese Art der Forschung in ein System gebracht hatte.

Roux wurde von Anfang an scharf kritisiert, besonders von O. Hertwig, der ja stets ein Gegner der Weismannschen Vererbungstheorie und aller ihrer Ableger gewesen war und sofort die „Mosaiktheorie“ angriff, indem er hervorhob, daß die verschiedenen Teile des Eies keineswegs vorausbestimmt wären, sondern die Eimasse sei, wie er sagt, isotop. Außerdem mißbilligte Hertwig, der stets die einseitig

mechanistischen Richtungen in der Biologie bekämpft hatte, die Bezeichnung „Entwicklungsmechanik“, die seiner Meinung nach eine unzulässige Schematisierung der Lebenserscheinungen darstellte. Und schließlich erschienen ihm auch Roux' Experimente nicht einwandsfrei. Er wiederholte sie und fand, daß das halbierte Ei nicht einen halben, sondern einen ganzen, aber kleineren Embryo hervorgehen ließ. Hertwig fand sogleich in Driesch einen Bundesgenossen, einen Forscher, der weiterhin in einem anderen Zusammenhang erwähnt werden wird. Dieser halbierte vor kurzem befruchtete Seeigeleier und erhielt aus jeder der beiden Hälften eine ganze Larve, die aber nur halb so groß wie eine normale war. Gestützt auf diesen und andere Versuche stellte er eine besondere Entwicklungstheorie auf, nach der jeder Teil eines Eies teils eine „prospektive Bedeutung“, teils eine „prospektive Potenz“ habe. Der Sinn dieser Worte wird am leichtesten durch folgendes Beispiel erläutert. Das halbe Seeigelei hat die prospektive Bedeutung, eine halbe Larve zu bilden, aber die prospektive Potenz zur Bildung einer ganzen. Die erstere ist also die für den normalen Fall geltende Bestimmung des Teiles, die letztere dagegen die Fähigkeit eines jeden Teils, im Notfall einen anderen zu ersetzen. Roux dagegen fand in dem Amerikaner Wilson seinen Bundesgenossen. Dieser isolierte Furchungskugeln aus dem Ei eines Weichtieres und fand, daß sie nur zu dem wurden, was sie auch in ihrem normalen Zusammenhang geworden wären und nichts anderes. Später fand Boveri, daß die von Driesch untersuchten Seeigeleier in der Tat auch eine Differenzierung hätten, die von Anfang an die nachfolgenden Entwicklungsorientierungen bestimmte. Mit der Zeit haben jedoch die streitenden Parteien ihre Ansichten ausgleichen müssen. Roux mußte seine Theorie von der ungleichförmigen Teilung der Kerne aufgeben und Driesch dagegen seine Theorie von der absolut gleichförmigen Beschaffenheit des Seeigeleies. Die ersten Ergebnisse der Experimente waren im ganzen zu sehr verallgemeinert worden. Was man am Ei eines Tieres gefunden hatte, war ohne weiteres auf das ganze Tierreich bezogen worden, während in der Tat eine Menge verschiedener Verhältnisse vorliegt. Im allgemeinen scheint jedoch die fortgesetzte Forschung zu Ergebnissen gelangt zu sein, die darauf hindeuten, daß im Embryo schon sehr früh Spezialisierung und Lokalisierung der Anlagen stattfindet. Hierfür sprechen besonders die von Hans Spemann, einem der hervorragendsten Vertrer der exexperimentellen Embryologie unserer Zeit, ausgeführten Untersuchungen. Geboren im Jahre 1869 in Stuttgart studierte er in Heidelberg, München und Würzburg und war Professor in Rostock und am Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin. Augenblicklich wirkt er in Freiburg. Als raffiniert geschickter Experimentator hat er es besonders darauf abgesehen, die

Bestimmung verschiedener Teile des Embryos nachzuweisen, indem er am Froschembryo Teile des Körpers von einer Stelle auf eine andere überführt und hernach ihre weitere Entwicklung studiert. Als allgemeines Ergebnis geht aus seinen Untersuchungen hervor, daß alle Hauptorgane des Amphibienembryos im Verlauf der Gastrulabildung fest determiniert werden. Früher, d. h. im Blastulastadium, können mittelst Durchschnürung normal gebildete Zwillinge hervorgebracht werden. Im Beginn des Gastrulastadiums kann das Vorderende noch durch Einschnürung verdoppelt werden, hernach nimmt aber die Regulationsfähigkeit ab und ist verschwunden, wenn die Gastrula fertig ausgebildet ist. Wir müssen die Einzelheiten der sorgfältig entworfenen und durchgeführten Experimente übergehen, durch welche diese Behauptungen bewiesen werden, und ebenso die Einzelheiten in den verschiedenen Versuchen mit mechanischen Einwirkungen, wie Pressen und Durchschnüren, durch welche die verschiedenen Forscher den im Ei wirkenden Kräften auf die Spur zu kommen suchten.

Neben diesen rein mechanischen Experimenten wurden natürlich auch andere ausgeführt, bei denen Eier und Embryonen der Einwirkung von Elektrizität, Licht, Wärme und chemischen Verbindungen ausgesetzt wurden. Von diesen sind namentlich die Ergebnisse der chemischen Versuche von großem Interesse, und in erster Linie mögen hier die Versuche von Curt Herbst (geb. 1866), dem Amtsnachfolger von Bütschli in Heidelberg, angeführt werden. Er hielt Seeigeleier in verschiedenen Salzlösungen und beobachtete, daß sie in kalkfreiem Meerwasser in ihre ersten Furchungszellen zerfielen, aus denen alsdann Zwerglarven entstanden. Auf Zusatz von Lithiumsalz entstanden ganz abnorm entwickelte Larven, während die Behandlung mit sulfatfreiem Meerwasser gleichfalls eigenartige, verschiedene Teile des Eies betreffende Mißbildungen zur Folge hatte. Die merkwürdigsten Erscheinungen wurden jedoch an Eiern in ihrer frühesten Entwicklung beobachtet. Auf diesem Gebiete war es Jacques Loeb, der als Urheber und Leiter zu erwähnen ist. Geboren 1859 in Deutschland als Sohn jüdischer Eltern studierte er Medizin, promovierte in Würzburg, wo er auch Assistent am physiologischen Institut wurde, bald aber wanderte er nach Amerika aus und wurde Professor am Rockefeller Institute in New York. Schon in den achtziger Jahren hatte R. Hertwig beobachtet, daß unbefruchtete Seeigeleier, wenn man sie mit einer schwachen Strychninlösung behandelt, sich mit einer Membran umgeben, die derjenigen gleicht, welche nach der Befruchtung und vor dem Beginn der Furchung auftritt. Ähnliche Beobachtungen machte später auch der bekannte Vererbungsforscher Morgan. Loeb ging systematisch an die Bearbeitung dieser Frage und gelangte zu Resultaten, die sofort große Aufmerksamkeit erregten und vielfach

äußerst weitgehende Schlußfolgerungen und Erwartungen hervorriefen. Nach einer Reihe von Versuchen arbeitete er eine Methode aus, Seeigeleier ohne Befruchtung sich bis ins Larvenstadium entwickeln zu lassen. Diese Methode ist recht kompliziert. Zuerst werden die Eier der Einwirkung einer schwachen organischen Säure ausgesetzt, die die Membranbildung bewirkt. Darauf kommen sie in Meerwasser, dessen Salzgehalt auf das 1½fache des normalen erhöht wird und dem man außerdem eine schwache Lösung von Natronlauge zusetzt. Nach einer genau bestimmten Zeit werden die Eier in normales Meerwasser gebracht, wo die Entwicklung vor sich geht. Mehrere andere einfachere Methoden gaben auch Erfolge, aber sie waren selten und ungewiß. Die oben beschriebene dagegen wirkt, wenn sie regelrecht angewandt wird, sicher, obschon die dabei entstehenden Larven entgegen Loebs Versicherungen keineswegs immer ganz normal sind. Loeb suchte ferner zu ermitteln, welche chemischen Umsetzungen die Entwicklung veranlassen und kam zum Schluß, daß die Membranbildung durch die fettlösende Eigenschaft der Säure hervorgerufen werde, und daß das Spermatozoon, welches bei seinem Eindringen ins Ei dieselbe Erscheinung hervorrufe, einen ähnlichen Stoff erzeugen müsse. Das hernach zur Anwendung gelangende „hypertonische" Meerwasser „korrigiere" diese Wirkung und befördere dadurch die Furchung. Auf diese Weise wäre die Zellvermehrung auf eine verhältnismäßig einfache Folge chemischer Prozesse zurückzuführen. Loeb stellt sich die Sache jedoch sicher viel zu einfach vor. Andere Forscher haben nämlich dieselben Erscheinungen durch ganz andere Methoden hervorgerufen. Unter denen, die außer Loebs Schülern auf diesem Gebiete gearbeitet haben, sind zwei Franzosen zu erwähnen, Yves Delage (1854—1920), Professor in Paris, der eine eigene Methode zur Entwicklung unbefruchteter Seeigeleier ausgearbeitet hat, und A. Bataillon, Professor in Dijon, der besonders durch seine Versuche an Froscheiern bekannt geworden ist. Durch ein einfaches Anstechen des Eies mit einer in Serum getauchten Nadel veranlaßte er die Froscheier, sich zu Larven zu entwickeln. Er erfand also eine ganz andere Methode, das Ei zu aktivieren, als die von Loeb angewandte[1]). Hier liegt deutlich ein Umwandlungsprozeß in der Eimasse selbst vor, der durch mechanische Reizung ausgelöst wird, denn der Serumzusatz hat sich später als unnütz erwiesen. Wenn also auch hier Fettspaltung konstatiert werden kann, so muß sie jedenfalls durch die eigenen Lebensäußerungen des Eies hervorgerufen sein und nicht durch eine von außen zugeführte lösende Substanz. Loebs Theorien, auf die wir noch zurückkommen werden, stehen ganz und gar

1) Über „Traumatische Parthenogese" vgl. H. Voß, Studien zur künstlichen Entwicklungserregung des Froscheies; Archiv für Entwicklungsmechanik, 1923 und dort angeführte Literatur.

unter dem Einfluß seiner Neigung, komplizierte Lebenserscheinungen zu schematisieren, die in seinem mangelnden Interesse für morphologische Erscheinungen wurzelt. Im übrigen haben die meisten anderen Entwicklungsphysiologen der neuen Richtung, auch wenn sie die Entwicklung noch so mechanisch auffaßten, dennoch die entwicklungsmechanischen Phänomene eingeteilt in solche rein äußeren Ursprungs und andere, die durch spezifisch innere Gründe bedingt werden. Zu den ersteren rechnet man allgemein die Wirkungen von Wärme, Elektrizität und chemischen Stoffen, zu den letzteren die den verschiedenen Organismen eigene Art, auf jene und auch auf rein mechanische Eingriffe in ihr normales Dasein zu reagieren. Beim Studium dieser verschiedenen Reaktionsphänomene haben die zahlreichen Experimentalforscher unserer Zeit eine gewaltige Menge Einzelergebnisse von großem Interesse zutage gefördert, dank einer außerordentlich verfeinerten Methodik, und die Untersuchungen auf diesem Gebiete sind noch lange nicht abgeschlossen. Wir müssen hier jedoch auf die Fachliteratur verweisen, besonders hinsichtlich der Einzelheiten, während ein Teil der allgemeinen Gesichtspunkte im folgenden besprochen werden wird, und gehen über zur Betrachtung einer anderen Form experimenteller Forschung, der zu unserer Zeit das größte Interesse entgegengebracht wird.

2. Experimentelle Vererbungsforschung.

Erbe und Vererbung sind Begriffe, die die Naturforschung aus der Rechtswissenschaft entlehnt hat. Dasselbe Wort, womit der rechtliche Übergang des Eigentums der Eltern an die Kinder bezeichnet wird, benutzen wir, um damit die von altersher bekannte Tatsache auszudrücken, daß Kinder ihren Eltern an Leib und Seele gleichen. Wir sagen, daß Sohn und Tochter Gesichtszüge und Gestalt, ebenso wie Begabung von dem Vater oder der Mutter erben. Daß unter solchen Umständen mit Vererbung in biologischer Hinsicht von Anfang an gerade diese direkte Übertragung elterlicher Eigenschaften auf die Kinder gemeint wurde, ist daher nicht zu verwundern. So hat man diese Erscheinung noch bis in die letzte Zeit aufgefaßt, und erst das Studium der Einzelheiten dieser Übertragung hat einen tieferen Einblick in die wirklichen Verhältnisse ermöglicht und die alte Übertragungstheorie durch eine ganz andere Auffassung ersetzt. Durch diese Forschung sind zum ersten Male Entwicklungsfragen vollkommen exakt behandelt worden. Dieselbe mathematische Genauigkeit, die zuvor nur die experimentelle Physiologie erreichte, zeichnet nun die Methoden und Ergebnisse der Vererbungsforschung aus.

Die exakte Vererbungsforschung hat ihre Beiträge von verschiedenen Seiten her erhalten. Forscher mit darwinistischer Schulung haben wich-

tiges Material beigesteuert, aber andere und in der Tat die wertvollsten Beiträge stammten aus Kreisen, die mit dem Darwinismus nichts zu schaffen hatten. Im vorhergehenden sind die von Koelreuter im 18. Jahrhundert ausgeführten Untersuchungen über Pflanzenbastarde erwähnt worden. Seine Experimente wurden von anderen fortgesetzt, unter denen Karl Friedrich Gärtner (1772—1850) einer der hervorragendsten war. Von Beruf Arzt, führte er sorgfältige Versuche mit Pflanzenbastarden aus, die weithin bekannt wurden und auch von Darwin berücksichtigt worden sind. Anderer Art waren die Experimente, die vom Franzosen Louis Levêque de Vilmorin (1816—1860) ausgeführt wurden. Er stammte aus einer Familie, die in vielen Generationen Getreidehandel und Saatzucht getrieben hatte. Er selbst interessierte sich besonders für den Zuckerrübenbau, den er betrieb, um den Zuckergehalt der Rüben zu vermehren. Er ging dabei von dem Grundsatz aus, stets die Nachkommen eines jeden Individuums gesondert zu züchten, und sammelte die Saat besonders zuckerhaltiger Rüben, die er nach dem obigen Grundsatz weiterzüchtete, wobei er Kulturen von sehr wertvoller Beschaffenheit erhielt. Zugleich fand er dabei, daß Individuen, die gleich aussehen, sehr verschiedene Eigenschaften haben können, und schloß daraus, daß die Fähigkeit, Eigenschaften zu erben, an und für sich ungleich sein und zur Entstehung verschiedenartiger Nachkommen eines Paares führen könne. Durch diese Ergebnisse wurde Vilmorin ein Vorläufer der Vererbungsforscher unserer Zeit, und seine aus exakten Beobachtungen gezogenen Schlüsse haben einen ganz anderen Wert, als die „philosophischen“ Spekulationen seiner Zeit über Vererbung, die unter anderem eine Menge Spuren in der naturalistischen Schönliteratur hinterlassen haben.

Von einem anderen Gesichtspunkt aus wurde die Vererbungsfrage von Francis Galton (1822—1911) behandelt. Er war ein Vetter von Darwin und hatte ähnliche Lebensschicksale wie dieser. Als Sohn wohlhabender Eltern studierte er Medizin, machte aber kein Examen, sondern unternahm auf Kosten seines ererbten Vermögens Reisen. Er reiste zuerst nach Ägypten und sodann nach Südwestafrika, wo er wertvolle geographische Entdeckungen machte. Nach England zurückgekommen, beschäftigte er sich einige Jahre mit Meteorologie, aber widmete sich hernach ganz der Vererbungsforschung. Anfangs versuchte er auf experimentellem Wege Darwins Pangenesistheorie zu beweisen, von der wir wissen, daß nach ihr Teilchen aus allen Organen des Körpers durch die Geschlechtsprodukte von Generation zu Generation weitergegeben werden und die Ähnlichkeit der Nachkommen mit den Eltern bedingen. Galton injizierte Blut aus anders gefärbten Kaninchen in graue in der Erwartung, daß die Nachkommen dieser scheckig werden würden,

was ein Beweis für die Lehre von der Pangenesis gewesen wäre, aber die jungen Kaninchen wurden grau. Gestützt auf diese Erfahrung schuf Galton eine eigene Vererbungstheorie. Alle in einem befruchteten Ei vorhandenen Anlagen nennt er „stirps" und meint, daß die meisten von ihnen zur Organbildung verwendet werden, daß aber ein Teil übrig bleibe, der die Geschlechtszellen hervorbringe, deren Eigenschaften demnach nicht von den Lebensbedingungen des Individuums beeinflußt würden. Diesen Widerspruch gegen die Theorie von der Vererbung erworbener Eigenschaften veröffentlichte er schon im Jahre 1875, also vor Weismann, wandte sich aber darauf anderen Entwicklungsfragen zu. Von Anfang an hatte ihn die Entwicklung des Menschen besonders interessiert, und er liebte es, physiologische Erscheinungen durch Gleichnisse aus dem Bereiche des sozialen und politischen Lebens zu erläutern. Daß leibliche Geschwister oft so ungleich geraten, erklärt er, indem er daran erinnert, daß bei Wahlen oftmals eine äußerst geringe Meinungsänderung ein ganz unerwartetes Ergebnis liefern könne. Ebenso könne auch eine geringe Veränderung der Erbsubstanz das Aussehen des Individuums völlig verändern.

In einem späteren Werk, „Natural Inheritance" stellt Galton eine statistische Vererbungstheorie auf, die seinen Namen berühmt gemacht hat. Die Stirplehre ist aufgegeben, und die Vererbung erworbener Eigenschaften wird nicht mehr so unbedingt in Abrede gestellt, wie früher. Stattdessen sucht er, gestützt auf ein umfassendes Umfragematerial, die Variationsrichtungen bei einer großen Anzahl von menschlichen Eigenschaften zu ermitteln. Am meisten geschätzt waren seine Längenuntersuchungen. Die Längenmaße einer Anzahl von Eltern wurden mit denen ihrer erwachsenen Kinder verglichen und in Reihen, vom kürzesten bis zum längsten, geordnet. Dabei ergibt sich natürlich eine mittlere Zahl, welche der Länge der Mehrzahl entspricht, während die extrem langen und kurzen sich beiderseits von dieser Mittelzahl gruppieren. Als Ergebnis seiner Vererbungsforschung findet nun Galton ein Variieren gegen den Mittelwert hin, indem z. B. die Kinder der längsten Elterngruppen freilich lang, aber nicht so lang wie ihre Eltern waren, und ebenso die kürzesten Eltern kurze Kinder hatten, die jedoch nicht ganz so kurz waren wie ihre Eltern. Hieraus zieht Galton den Schluß, daß es eine erbliche Variabilität nach einer gewissen Richtung hin gebe, auf welche die natürliche Auslese fraglos einwirke. Dieses Ergebnis mußte ja, zumal es in der Blütezeit des Darwinismus zustandekam, großen Beifall finden, ebenso wie Galtons Grundsatz, daß man so viele Fälle als möglich statistisch verarbeiten müsse, da sonst die Gesetzmäßigkeit durch zufällige Umstände verschleiert werde, einer Generation gefallen mußte, welche die Menschheit am liebsten insgesamt als ein Ganzes

betrachtete und das rein Individuelle wenig schätzte. Aber gerade dieser Kollektivismus war Galtons große Schwäche, denn aus statistischen Massenberechnungen Schlüsse auf den einzelnen Fall zu ziehen, ist in der Tat unmöglich und führt zu absurden Resultaten. Galtons Verdienst ist es jedoch andererseits, daß er exakte Maße und mathematische Berechnungen in das Studium der Entwicklungslehre einführte. Seine Methode, die Einzelheiten in der Entwicklung graphisch durch Kurven auszudrücken ist hernach mit großem Erfolge von Forschern angewendet worden, die es verstanden, gut begrenzte Erscheinungen zu isolieren und durch verschiedene Generationen zu verfolgen. Galtons größte Schwäche aber war die, daß er meinte, statistisch alles Mögliche behandeln zu können, und daß eine Sache ihrem wirklichen Wesen nach zuerst bestimmt werden muß, bevor man sie untersucht, ist ihm nie eingefallen. So hat er z. B. in dem erwähnten Werke versucht, statistisch die Gesetze der „Eheauswahl" zu ermitteln, inwiefern unter anderem Personen von verschiedenem Charakter sich zu ähnlich veranlagten oder solchen von entgegengesetzter Gemütsart hingezogen fühlen. Aus einer von seinen Tabellen geht hervor, daß 46 % der Ehemänner von schlechter Laune waren, und von diesen 22 % gute und 24 % böse Frauen hatten[1]). Eine solche Statistik, die sich für ein Witzblatt eignen dürfte, beweist, daß Galton, da er allen Ernstes eine solche Frage erörtert, außerordentlich dilettantisch vorging, was auch damit nicht entschuldigt werden kann, daß gelegentlich später noch der eine oder andere Vererbungsforscher ähnliche vage und unbestimmte menschliche Eigenschaften auf Vorkommen und Erblichkeit hin untersucht hat. Galton wandte übrigens seine Methode nicht nur auf den Menschen an, sondern experimentierte auch mit Pflanzenbau, und behandelte die dabei gewonnenen Resultate nach der nämlichen statistischen Methode. Sein Vermögen vermachte er einem Institut für Vererbungsforschung in London, das seitdem nach den von ihm gegebenen Richtlinien gearbeitet hat. Galton interessierte sich warm für die Wohlfahrt der Menschheit und wollte, daß die Wissenschaft dazu diene, ein besseres Menschengeschlecht zu schaffen. Und diesem Zweige der Wissenschaft, den er am höchsten schätzte, gab er den Namen „Eugenik", den dieser heute noch trägt.

Einen Wendepunkt in der Vererbungsforschung bezeichnet das Auftreten von Hugo de Vries. Geboren in Haarlem im Jahre 1848 studierte er bei Sachs in Würzburg, hatte darauf verschiedene Anstellungen in Deutschland und wurde schließlich Professor in Amsterdam. Er widmete sich anfangs der Pflanzenphysiologie und veröffentlichte wertvolle Ergebnisse seiner Arbeiten über die Druckverhältnisse in den

1) Vgl. „Appendix D" im erwähnten Werke.

Pflanzenzellen. Gleichzeitig spekulierte er über darwinistische Probleme und stellte auch eine Theorie über Lebenseinheiten auf, die er „Pangene" nannte und unter denen er materielle Einheiten verstand, welche seiner Ansicht nach Träger derjenigen Eigenschaften der Organismen wären, die selbständig variieren können. Indessen stellten sich auch bei ihm, wie bei so vielen anderen Biologen der jüngeren Generation, Zweifel ein an der Möglichkeit, mit Hilfe des Darwinismus das Entwicklungsproblem zu lösen. Besonders beschäftigte ihn die unleugbare Tatsache, daß die Arten in der Natur konstant sind und daß die kleinen Übergänge, durch welche nach der alten Theorie sich eine Art in eine andere verwandeln sollte, niemals beobachtet werden können. Die Art ist eine geschlossene Einheit, und dennoch müssen im Lauf der Zeit Arten sich verwandelt haben. Köllikers im früheren mitgeteilte Theorie über plötzlich eintretende Artveränderungen schien ihm eine Handhabe zum Ausgleich dieses Widerspruches zu bieten, und Darwin hatte ja selbst das Vorkommen plötzlicher „single variations", wie er sie nannte, keineswegs geleugnet. Es galt nun bloß den tatsächlichen Beweis für die Existenz solcher Veränderungen zu erbringen. Schließlich glaubte de Vries ihn in einer aus Amerika eingeführten Pflanze, Oenothera lamarckiana, gefunden zu haben. Diese in verschiedenen europäischen Ländern verbreitete Pflanze wuchs massenhaft auf einem Felde in der Nähe von Amsterdam, und unter der großen Menge typischer Formen fanden sich einige wenige von ganz abweichendem Aussehen. Eine Anzahl von Exemplaren wurden in einen Garten verpflanzt und mittels Selbstbefruchtung fortgepflanzt. Dabei ereignete es sich, daß sich aus den Samen nicht nur den Mutterpflanzen ähnliche Formen entwickelten, sondern auch vereinzelte Exemplare mit deutlich ausgeprägt neuen Artmerkmalen, die sich bei der Weiterzüchtung erhielten, unter ihnen eine besonders breitblätterige Form, eine Zwergform und einige andere. Hier hat man es also mit einer Art zu tun, die plötzlich „explodiert", wie de Vries sich ausdrückt. Dieser Fall zeigt nach de Vries' Meinung, wie überhaupt Arten entstehen. Arten sind, sagt er, keine willkürlichen Gruppen, sondern zeitlich und räumlich umgrenzte, durchaus selbständige Wesen, die entstehen, wenn eine Art plötzlich in eine Anzahl neuer Formen zerfällt. Von diesen sind manche lebensfähig und leben unverändert fort bis zur nächsten Mutation, während andere den Kampf ums Dasein nicht bestehen, sondern bei der natürlichen Auslese ausgemerzt werden. Alle neuen Eigenschaften sind also durch Mutationen entstanden, und zwischen den Mutationen lebt eine Art unverändert in bezug auf ihre Eigenschaften. Die kleinen Variationen, welche immerfort im Leben der Arten auftreten, haben für die Entwicklung keine Bedeutung, weil sie nicht erblich sind, und die Neukombination von Eigenschaften durch Kreuzung

verschiedener Formen enthält nichts Neues. Die Organismen müssen, meint er, so viele Mutationen durchgemacht haben, wie sie Einzeleigenschaften besitzen, denn die Eigenschaften sind bestimmte Größen, die zwischen den Mutationen unverändert bleiben. Solche Mutationsperioden traten, wie de Vries meint, in früheren geologischen Perioden in weit kürzeren Intervallen auf, als heutzutage, und durch diese seine Theorie kann er die Entstehung der Lebensformen erklären, ohne zu den unendlichen Zeiträumen seine Zuflucht nehmen zu müssen, die der alte Darwinismus benötigte.

De Vries' Theorie stieß natürlich auf heftigen Widerstand von Seiten der rechtgläubigen Darwinisten. Freilich mußte zugegeben werden, daß er im wesentlichen den Standpunkt des alten Darwinismus vertrat, indem er die Theorie von der natürlichen Zuchtwahl als der Beherrscherin alles Lebendigen beibehielt. Daß er aber die Vererbung der kleinen Variationen und ihre Bedeutung für die Selektion nicht gelten ließ und die Unveränderlichkeit der Arten während ihres normalen Daseins zwischen den Mutationen proklamierte, widersprach viel zu sehr den hergebrachten Anschauungen, um Billigung finden zu können. Und in der Tat waren diese Neuerungen auch nicht einwandfrei. Die mit Oenothera angestellten Züchtungsversuche hielten der Kritik der späteren Zeit nicht stand. Johannsen macht den Vorwurf, daß das Material, mit denen diese Versuche ausgeführt wurden, planlos ausgewählt und nicht so rein gehalten worden sei, wie nötig gewesen wäre, und schließlich wiederholte ein schwedischer Forscher, Heribert-Nilsson das ganze Züchtungsexperiment und kommt zum Schluß, daß die neuen Generationen von Oenothera bloß Neukombinationen von Eigenschaften aufweisen, die schon bei der Stammart vorhanden waren. De Vries, der einer von denen war, die Mendels Spaltungsregel wiederentdeckten, hatte nämlich ihre Gültigkeit bei Mutationen in Abrede gestellt, doch erwies sich das bei Oenothera als ein Irrtum, und damit fiel auch seine Theorie von der Artbildung bei dieser Pflanze. Sein Verdienst dagegen besteht darin, daß er das Mutationsphänomen überhaupt in den Vordergrund gerückt hat, denn daß es vorkommt, ist vielfach bewiesen worden. Aber außerdem hat er ausgehend von seiner Pangenentheorie betont, daß es nötig wäre, die Erbeigenschaften, welche die Arten charakterisieren, im Hinblick auf ihre elementaren Einheiten zu analysieren, denn es käme, meint er, nicht auf die Entstehung der Arten, sondern auf die Ausbildung der Artcharaktere an. Durch diese Anregung ist er für die moderne Vererbungstheorie bahnbrechend geworden. Seine Mutationstheorie, sagt Johannsen, bildet den wichtigsten Meilenstein beim Übergang von den alten Anschauungen zur modernen Auffassung von der Vererbung und wird daher stets ihre historische Bedeutung behalten.

Wilhelm Ludwig Johannsen wurde im Jahre 1857 in Kopenhagen geboren, studierte dort und in Deutschland und wurde zuerst Professor an der landwirtschaftlichen Hochschule, dann an der Universität seines Vaterlandes. Als Schüler von Pfeffer beschäftigte er sich anfangs mit pflanzenphysiologischen Experimenten und führte auf diesem Gebiete einige interessante Versuche über die Wirkung des Schwefeläthers auf den Stoffwechsel und das Wachstum der Pflanzen aus. Bald jedoch widmete er sich ausschließlich der experimentellen Vererbungsforschung und wurde mit der Zeit eine von den ersten Autoritäten auf diesem Gebiete. Zuerst ein Anhänger der statistischen Methode Galtons, erkannte er bald deren Mängel, und daß sie durch Benutzung gemischten Materials zu Ergebnissen führte, die die tatsächlichen Verhältnisse auf den Kopf stellte. Ausgehend von de Vries' Forderung, daß man die Einheiten der Erbeigenschaften untersuchen müsse, begann er mit peinlicher Genauigkeit das Vererbungsphänomen bei Pflanzengenerationen zu verfolgen. Er kaufte eine Partie Bohnen, wog sie und züchtete die Nachkommen jeder Bohne besonders. Dabei fand er, daß es in einer Reihe in dieser Weise erhaltener Individuen, in einer „reinen Linie", wie er sie nennt, eine gewisse Kombination von Anlagen gibt, die unveränderlich dieselbe bleibt. Schlecht genährte Pflanzen liefern kleine Samen, gedüngte große, aber die Anlagen werden dadurch nicht beeinflußt. Gleichviel ob man kleine oder große Samen aus einer und derselben reinen Linie sät, erhält man unter gleichen äußeren Verhältnissen stets denselben Pflanzentypus. Demnach findet sich also in einer und derselben reinen Linie ein gewisser Anlagentypus, der „Genotyp", wie er genannt wird, welcher unveränderlich ist, wie sich auch die äußere Form, der Erscheinungstypus oder „Phänotyp", wie ihn Johannsen nennt, infolge der Lebensverhältnisse ändern möge. Die Eigenschaften, die den Anlagentypus bilden, sind also die einzigen, die wirklich vererbt werden, während der durch äußere Umstände bedingte Erscheinungstypus nichts mit der Vererbung zu schaffen hat. Kleiner Wuchs bei Pflanzengenerationen auf magerem Boden ist eine äußerliche Eigenschaft, eine „falsche Erblichkeit". Folglich kann es keine Vererbung erworbener Eigenschaften geben, und innerhalb der reinen Linien gibt es auch keine Variationen von der Art, wie sie der Darwinismus voraussetzt. Die Eigenschaften, welche die Erbanlage bilden, nennt Johannsen Erbfaktoren, Erbeinheiten, oder Gene. In der reinen Linie sind also die Genen überall dieselben und ihre Individuen sind Homozygoten (Zygote nennt man das Produkt der Vereinigung einer männlichen und einer weiblichen Geschlechtszelle), während die Nachkommen von Lebensformen, die sich durch Paarung verschiedener Individuen fortpflanzen, Heterozygoten genannt werden, da sie die Vereinigung verschiedener elterlicher Erbanlagen bilden. Ein

heterozygotes Individuum hat also immer Bastardnatur, und die Erforschung seiner Eigenschaften fordert besondere Methoden. Hier kommen wir jedoch in das Gebiet der Bastardforschung, das seine eigene Geschichte hat.

Johann Mendel wurde im Jahre 1822 als Bauernsohn im Dorfe Heinzendorf, einer deutschen Kolonie inmitten einer slavischen Bevölkerung in Österreichisch-Schlesien geboren. Der begabte Knabe wurde in eine gelehrte Schule geschickt und trat, vermutlich um besser seinen Studien obliegen zu können, in ein Augustinerkloster zu Brünn in Mähren ein. Als Mönch nahm er nach katholischer Sitte den neuen Namen Gregor an, unter dem er in der Nachwelt bekannt geworden ist. Auf Kosten des Klosters durfte er drei Jahre in Wien studieren und widmete sich besonders mathematischen und naturwissenschaftlichen Studien. Nach seiner Rückkehr in die Heimat wurde er Schullehrer und beschäftigte sich in seinen freien Stunden mit Pflanzenzucht zu wissenschaftlichen Zwecken im Klostergarten. Die Ergebnisse seiner Versuche veröffentlichte er in den wenig bekannten Verhandlungen des wissenschaftlichen Vereins in Brünn. Im Jahre 1868 wurde er zum Prälaten des Klosters gewählt. Diese Ernennung war jedoch eigentlich sein Unglück. Vier Jahre später versuchte der damalige freisinnige Reichstag in Österreich die Finanznot des Landes durch Besteuerung der Klöster zu lindern. Die Mönche jedoch und andere reaktionäre Staatsbürger sahen hierin einen Eingriff in die alten Privilegien der Klöster und widersetzten sich dieser Maßnahme. Schließlich wurde die Besteuerung dennoch an den meisten Orten durchgeführt, aber wer sich nicht fügte, war Mendel. 12 Jahre lang widersetzte er sich ihr trotz aller Strafen und Pfändungen und erkrankte zuletzt infolge des aufreibenden Kampfes an einem Siechtum, das im Jahre 1884 mit dem Tode endete. Er, der Bahnbrecher modern biologischer Ideen fiel als Vorkämpfer des katholischen Klerikalismus — eine Schicksalsironie merkwürdiger Art.

Mendels Berühmtheit, die erst sehr spät allgemein wurde, beruht ausschließlich nur auf zwei kleinen Aufsätzen in der oben erwähnten Zeitschrift. Sie sind jedoch die Frucht der Arbeit vieler Jahre und zeugen von scharfsinniger Beobachtung und mathematischer Gedankenschulung, die nicht oft zusammen angetroffen werden. Auch Darwin war ja ein genialer Beobachter, aber seine Bearbeitung der Beobachtungen ist schwebend und unklar. Galton war freilich Mathematiker, operierte aber meist mit Material, das er von anderen erhielt und das daher wenig einwandfrei war. Mendel studierte die Vererbungserscheinungen an Gartenpflanzen und wählte zunächst leicht festzustellende Eigenschaften, wie die Farbe der Blüten, die Form der Früchte und den Bau der Blütenstände, an denen er die Veränderungen im Laufe verschiedener Genera-

tionen beobachtete. Er kreuzte Erbsen mit weißen und roten Blüten und sah, daß die Blüten der Bastarde durchweg rot waren. Kreuzte er hernach diese Bastarde untereinander, so war die Blütenfarbe der folgenden Generation eigentümlich verteilt. Auf drei rote Individuen kam ein weißes, diese weißen gaben bei Selbstbefruchtung stets weiße Nachkommen, ein Drittel der roten verhielt sich ebenso konstant, während bei den übrigen roten die oben erwähnte Farbenverteilung sich wiederholte. Mendels Erklärung dieser eigentümlichenErscheinung war ebenso genial, wie seine Beobachtung. Den Umstand, daß in der ersten Bastardgeneration die Blüten rot wurden und keine Übergangsfarbe zwischen rot und weiß auftrat, nennt er das Dominieren der roten Farbe über die weiße, deren Verhalten er rezessiv nennt. In der nächstfolgenden Generation treten sowohl die dominierenden, als auch die rezessiven Eigenschaften wieder zutage, ohne daß Übergangseigenschaften beobachtet werden können. Daraus schließt er, daß in den Geschlechtszellen der untersuchten Pflanzen keine Verschmelzungen von Eigenschaften stattfanden. Bei den rot-weißen Bastarden fanden sich nebeneinander die Anlagen für rot und weiß in den männlichen und in den weiblichen Zellen, und ihre Vereinigung gab vier Möglichkeiten: rot-rot, rot-weiß, weiß-rot und weiß-weiß. Dieses erklärt das Verhältnis zwischen den Anlagen der Nachkommen. Die beiden einfarbigen Kombinationen variieren nicht mehr, sondern bleiben konstant, während bei den mit zwei verschiedenen Anlagen versehenen die vier Möglichkeiten sich so lange wiederholen, als sie vorhanden sind. Dieselbe gesetzmäßige Vererbung zeigten ferner alle Eigenschaften, die Mendel bei verschiedenen Pflanzenarten untersuchte. Darauf ging er über zu Kreuzungsexperimenten mit Bienen, die bekanntlich viele verschiedene Rassentypen aufweisen, aber entmutigt durch das geringe Interesse, das seinen Pflanzenuntersuchungen entgegengebracht wurde, veröffentlichte er diese Forschungsergebnisse nicht mehr und sie gingen verloren. So lange Mendel lebte, erregten seine Entdeckungen keine Aufmerksamkeit. Nägeli fand sie, wie gesagt, mit seinen Theorien unvereinbar, und die übrigen Botaniker verhielten sich gleichgültig. Erst zur Zeit der Jahrhundertwende wurden die merkwürdigen Resultate von neuem entdeckt, und zwar im Zusammenhang mit der damals betriebenen Bastardforschung. Es waren drei Forscher, de Vries, Correns und Tschermak, die gleichzeitig auf die Übereinstimmung von Mendels Beobachtungen mit ihren eigenen Ergebnissen hinwiesen. Und seitdem gehört Mendels Name zu den bekanntesten in der Biologie. Ja sogar bei der großen Menge wetteifert sein Ruhm mit dem Darwins. Man hat sich oft genug gewundert, warum Mendels geniale Beobachtungen nicht früher beachtet wurden, und schob die Schuld auf die unbekannte Zeitschrift, in der sie veröffentlicht waren. Aber man könnte anderer-

seits mit Recht die Frage aufwerfen, ob überhaupt eine größere Zeitschrift zu jener Zeit darauf eingegangen wäre, Forschungsergebnisse zu veröffentlichen, die den damaligen biologischen Theorien so diametral entgegengesetzt waren. Man denke nur daran, daß Mendel die Variabilität bei den von ihm beobachteten Eigenschaften leugnet, während doch alle Biologen jener Zeit gerade nach Variationen als dem Material für die natürliche Zuchtwahl suchten. Und dazu kam noch, daß diese Behauptungen hinsichtlich konstanter, oder konstant teilbarer Charaktere von einem Mönch in einem Kloster herstammten. Es wäre wahrhaftig nicht mit rechten Dingen zugegangen, hätten sie bei Zeitgenossen Anklang gefunden, die sich an Haeckels natürlicher Schöpfungsgeschichte erbauten.

Indessen bildet heutzutage Mendels Spaltungsregel die Grundlage aller Bastardforschung. Alle Eigenschaften, die man bei lebenden Wesen beobachten kann, haben die Eigenschaft, daß sie „mendeln". De Vries' Behauptung, die Mutationen seien diesem Gesetze nicht unterworfen, hat sich als unrichtig erwiesen, und Ausnahmen, die man später noch zu finden glaubte, haben sich doch nach demselben Prinzip erklären lassen. Die Mendelforschung ist sowohl von theoretischen Forschern, als auch von praktischen Rassenzüchtern mit einem Jahr für Jahr zunehmenden Eifer betrieben worden. Und gerade bei der Veredelung von Saatgut und Haustierrassen hat der Mendelismus seine Probe bestanden, denn erst durch ihn hat die praktische Rassenveredelung, die früher auf den reinen Zufall angewiesen war, ihre exakte Grundlage erhalten. In Skandinavien hat der Mendelismus einen großen Anklang gefunden. Johannsen hat viel zu seiner Förderung beigetragen, und in Schweden ist es namentlich H. Nilsson-Ehle gelungen, ihn mit allgemein anerkanntem Erfolge in der Praxis umzusetzen. Seine in Svallöv ausgeführten Arbeiten gingen von dessen Grundsätzen aus und wurden weitberühmt. Sowohl in Europa, als auch in Amerika gibt es eine Menge von Mendelforschern, unter denen wir hier nur W. Bateson und R. C. Punnett in England, Erwin Baur und Carl Correns in Deutschland, den schon früher erwähnten A. Lang in der Schweiz, L. Cuénot in Frankreich und T. H. Morgan in Amerika nennen wollen. Durch die Arbeiten dieser und vieler anderer ist die ganze verwickelte Mannigfaltigkeit der verschiedenen Erbfaktoren mit ihren gegenseitigen Beziehungen mehr und mehr beleuchtet worden. In der Tat bietet ja dieses Gebiet ein unübersehbar mannigfaltiges Forschungsmaterial, und es kommt nur darauf an, gewisse in der einen oder anderen Hinsicht wichtige Eigenschaften auszuwählen und weiter zu verfolgen. Dieses ist auch geschehen, und zahlreiche Mendelforscher haben besondere Teile des Gebietes ausgewählt, die sie mit immer weiter gehender Spezialisierung bearbeiten.

Unter diesen mag hier ein Teil besonders hervorgehoben werden, nämlich jener, der in der Anwendung der Ergebnisse der modernen Zellforschung auf die Vererbungsfrage besteht.

Die Heimat dieser zytologischen Vererbungsforschung war in erster Linie Amerika. Der bereits früher erwähnte Experimentalbiologe Edmund Beecher Wilson, geboren 1856, Professor an der Columbia University, hat wertvolle Untersuchungen über den Einfluß der Geschlechtschromosomen auf die Vererbung angestellt, aber eigentlich ist es der ebenfalls schon genannte Thomas Hunt Morgan, geboren 1866 und gleichfalls an der Columbia University, der die Ziele und Methoden dieser Forschung fand und damit der Vererbungsforschung einen solchen Reichtum an Einzelentdeckungen von weitgehender theoretischer Bedeutung zuführte, wie nie zuvor. Sein Untersuchungsobjekt war eine kleine in Fruchtgärten schmarotzende Fliege, Drosophila melanogaster, von der man gesagt hat, daß sie geradezu zum Objekt für Vererbungsforschung geschaffen zu sein scheint. Sie vermehrt sich unglaublich stark und schnell — in der Wärme braucht ein Individuum nur 12 Tage zur Entwicklung vom Ei bis zur Imago —, sie ist außerordentlich zählebig und verträgt alle möglichen experimentellen Behandlungen, ihre Zellen enthalten bloß vier Chromosomen, die alle verschieden groß und leicht wiederzuerkennen sind, und schließlich hat sie in der Gefangenschaft eine Menge Mutationen erlebt, deren Faktoren als konstant erkannt worden sind und sich zu mendelistischen Untersuchungen gut eignen. Millionen von diesen Tierchen sind von Morgan und seinen Schülern untersucht worden, wobei sich eine Methodik und eine Terminologie entwickelt hat, in deren raffinierter Feinheit ein Nichtfachmann es schwer hat, sich zurechtzufinden. Unter den Ergebnissen dieser Forschung sehen wir in erster Linie eine Anzahl neuer Regeln, die ebenso feststehend sind, wie die ursprünglichen von Mendel. Die Erbfaktoren sind, wie man schon früher angenommen hat, in den Chromosomen lokalisiert, und es hat sich herausgestellt, daß die Faktoren im selben Chromosom nicht frei sind, sondern bei der Spaltung immer zusammenhalten, oder gekoppelt sind, wie der Kunstausdruck lautet. Es sind also die sämtlichen Faktoren bei diesem Tier in vier Gruppen vereinigt, die den vier Chromosomenpaaren entsprechen. Ferner hat man durch eine Reihe sinnreicher Experimente in weitem Maße die Lage der Faktoren in jedem Chromosom bestimmen können, und schließlich festgestellt, daß in gewissen Fällen Teile von Chromosomen, oder ganze Chromosomen fehlen, was wiederum die Ursache bestimmter äußerer Veränderungen ist. Diese Entdeckung widerspricht der Theorie von der absoluten Konstanz der Chromosomen bei einer und derselben Art. Außerdem hat man weitgehende Feststellungen über die früher erwähnte Rolle der Geschlechtschromosomen bei der Geschlechts-

bestimmung und Vererbung gemacht, und dieses Problem hat übrigens auch Forscher, die nicht zu Morgans Schule gehörten, beschäftigt. Man hat auf diesem Gebiete annehmbare Erklärungen für ehedem unbegreifliche Vererbungserscheinungen gefunden, wie z. B. die bekannte Erblichkeit gewisser Krankheiten, der Bluterkrankheit und der Farbenblindheit beim Menschen, und eine Anzahl lehrreicher Fälle von Erblichkeit auf dem Gebiete der Geisteskrankheiten. Und schließlich seien hier die Studien erwähnt, die dem Verhalten der Chromosomen bei Bastarden zwischen Arten mit ungleicher Chromosomenzahl galten. Auf diesem Gebiete können einige Nordländer als bahnbrechend erwähnt werden, namentlich H. O. G. Rosenberg in Stockholm, der die Hybriden von Drosera untersucht hat, H. Federley in Helsingfors, der über Schmetterlingsbastarde arbeitete, und O. L. Mohr in Norwegen, der gleichfalls die Chromosomen von Insekten studierte.

Die Vererbungsforschung ist die populärste Forschungsrichtung der Gegenwart. Sie ist darin dem Darwinismus gefolgt und muß heute für alles mögliche Rätselhafte in verschiedenen Lebensfragen herhalten. Wie früher die natürliche Zuchtwahl, so muß jetzt die Rassenmischung die Schuld für allerlei Verhältnisse und Mißverhältnisse auch im sozialen Leben der Menschen auf sich nehmen, wo die politischen und gesellschaftlichen Vorurteile reichlich dafür sorgen, daß die Behandlung wenigstens nicht unparteiisch im naturwissenschaftlichen Sinne wird. Jedenfalls sind aber durch die Vererbungsforschung der Entwicklungslehre ganz neue Bahnen gewiesen worden. Die phylogenetischen Spekulationen sind im allgemeinen beiseite gelegt worden, wenigstens bis auf weiteres, die natürliche Auslese wird zwar noch im Prinzip von gewissen Vererbungsforschern aufrechterhalten, z. B. von Baur, aber eine praktische Bedeutung hat sie eigentlich nicht mehr, denn man kann sie ja nicht beobachten und daher nicht auf einem Forschungsgebiete verwenden, das auf exakten Beobachtungen beruht. Während also der alte Darwinismus die äußere Ähnlichkeit als einen genügenden Beweis für die gemeinsame Abkunft gelten ließ, hat die Vererbungsforschung festgestellt, daß Ähnlichkeit und Verwandtschaft einander nicht entsprechen, und damit der Phylogenie ihre stärkste Stütze entzogen. Überhaupt ist das Arbeitsfeld der Vererbungsforschung ein begrenzteres, denn gerade seitdem diese eine exakte Wissenschaft geworden ist, kann sie die Wege der altdarwinistischen Spekulation nicht betreten, aber was sie hierbei an allgemeiner Weltanschauung verlor, hat sie unleugbar an sachlicher Konzentration und zuverlässigen Resultaten gewonnen.

Bevor wir dieses Kapitel schließen, müssen noch zwei andere Gebiete der experimentellen Forschung besprochen werden.

3. Biochemie.

Die chemische Wissenschaft hat bei ihrer Anwendung auf die Biologie stets wertvolle Beiträge zur Erklärung von Lebenserscheinungen geliefert. In unserer Zeit hat die Chemie bekanntlich großartige Fortschritte gemacht, und diese haben unmittelbar auch die Kenntnis von den lebenden Organismen gefördert. Die Biochemie ist heutzutage eine Forschungsrichtung, die mit der experimentellen Morphologie und mit der Vererbungsforschung hinsichtlich des Wertes ihrer Ergebnisse wetteifert. Leider sind diese jedoch für eine allgemein faßliche Darstellung weniger geeignet, als die Ergebnisse und Forschritte auf anderen Gebieten der biologischen Forschung. Die Biochemie setzt in der Tat eine ganz besondere Fachausbildung voraus, nicht nur bei denen, die auf ihrem Gebiete forschen, sondern auch bei denen, die ihre Resultate beurteilen wollen. Einige kurze Hinweise auf die wichtigsten Fortschritte in den verschiedenen Teilen dieses Forschungsbereiches mögen hier dennoch am Platze sein, um das Bild von den Fortschritten der experimentellen Biologie in unseren Tagen zu vervollständigen.

Derjenige Zweig der chemischen Forschung, der in unserer Zeit die größten Fortschritte aufzuweisen hat und das größte Interesse erweckte, ist zweifellos die physikalische Chemie, deren Ergebnisse unmittelbar bei dem Studium der lebenden Substanz angewendet wurden. In gewissen Fällen war es sogar die Biologie, die bei den physikalisch-chemischen Entdeckungen den Vortritt hatte, wie z. B. in der Frage vom osmotischen Druck, wo die Forschungsergebnisse von Pfeffer und de Vries die Grundlage bildeten, von der die weiteren Forschungen ausgingen. Andererseits hat die von van t'Hoff, Arrhenius und Nernst ausgearbeitete moderne Theorie der Lösungen zur Erklärung einer Menge von biologischen Phänomenen beigetragen. Als ein Beispiel erwähnen wir die oben geschilderten Erscheinungen bei der Entwicklung von Eiern, die der Wirkung hypertonischer Salzlösungen ausgesetzt wurden, und ferner die Rolle der Wasserstoffionen bei Stoffwechselvorgängen in Körperflüssigkeiten. Besonders bei der Hervorrufung des Atemreizes spielen diese Ionen eine ausschlaggebende Rolle, während andere Ionenkombinationen sich als notwendig für das Wachstum von Individuen und Organen erwiesen haben. Hinsichtlich der Auffassung vom Protoplasma ist die moderne Kolloidchemie von besonderer Bedeutung gewesen. Sie hat ein eigenes Gebiet mit eigenen Methoden gebildet, welche es ermöglichen, tiefere Einblicke in die feinsten Einzelheiten des Aufbaues derjenigen Kategorien von Stoffen zu gewinnen, zu denen auch die lebende Substanz gehört. Durch diese genauen Beobachtungen und Experimente hat die körnige und vakuolisierte Struktur des Plasmas eine viel natürlichere Erklärung gefunden, als seinerzeit durch Bütschlis Schaumtheorie.

Der Übergang der verschiedenen Strukturen ineinander konnte in vielen Fällen mit den auch in unbelebten Kolloidsubstanzen vorkommenden physikalisch-chemischen Umsetzungsphänomenen verglichen werden, während andererseits der alte Streit über den festen oder flüssigen Zustand des Plasmas unwesentlich geworden ist, denn die innere Beschaffenheit der Kolloide wird nach ganz anderen Prinzipien untersucht und gibt Anlaß zu ganz anderen Fragen, als der nach dem Aggregatzustande. Anstatt dessen ist die Frage der Durchlässigkeit von Zellen und Geweben für verschiedenartige Lösungen in großem Umfange untersucht worden, und zwar besonders von Charles Ernest Overton, geboren 1865 in England und nach Studien in Deutschland als Professor nach Lund in Schweden berufen. Dieser hat eine Theorie aufgestellt, die bekämpft und unterstützt worden ist, daß nämlich die Zellmembran aus einer eigentümlichen Kategorie von Stoffen bestehe, die man Lipoide nennt, und daß nur Stoffe, die die lipoiden lösen, durch die Zellwände diffundieren können.

In naher Beziehung zur Kolloidchemie steht die moderne Fermentchemie. Hinsichtlich der Fermente hat man schon seit einem Jahrzehnt gewußt, daß sie in äußerst geringen Mengen besondere chemische Umwandlungen in großen Mengen gewisser Stoffe hervorbringen können. In unserer Zeit hat man ihre Wirkung mit der von Berzelius so genannten katalytischen Wirkung gewisser anorganischer Stoffe verglichen, z. B. mit der Rolle der Säure bei der Bildung von Schwefeläther aus Alkohol. Von wichtiger Bedeutung ist die Entdeckung, daß Fermente nicht nur spaltend, sondern auch synthetisch wirken, wie z. B. bei der Bildung von Stärke in den Blättern der Pflanzen mit Hilfe der Chlorophyllkörner unter der Einwirkung des Sonnenlichtes. Die besonders genau studierten Fermentsynthesen von Fetten, Eiweißstoffen und anderen Produkten des Pflanzen- und Tierreiches sind an und für sich von großem Interesse, können aber hier nicht im einzelnen besprochen werden. Ebensowenig können wir hier auf das Zusammenwirken verschiedener Fermente innerhalb einer und derselben Lebenseinheit eingehen.

Im Anschluß an die Fermentforschung ist hier die in der letzten Zeit immer mehr bekannt werdende innere Sekretion zu erwähnen. Als ihr Entdecker kann der bereits früher geschilderte Bernard angesehen werden, der, wie wir sahen, feststellte, daß die Leber Stoffe produziert, die direkt vom Blute fortgeführt werden. Nach Bernards Tode übernahm seine Professur Charles Edouard Brown-Séquard (1817—1894). Er war der Sohn eines Amerikaners und einer Französin, studierte in Paris, und arbeitete darauf in England und Amerika, bis er wieder nach Frankreich zurückkehrte. Er wurde zuerst bekannt durch seine wertvollen Untersuchungen auf dem Gebiete der Nervenphysiologie, aber

seine größte Popularität erwarb er sich durch seine bekannten Einspritzungen von Geschlechtsdrüsenextrakt in die Gewebe, durch die er bewies, daß die Drüsen ein besonderes, den Geschlechtstrieb hervorrufendes Sekret enthalten. Die Experimente waren an und für sich recht grob und wurden mit viel Reklame veröffentlicht, besonders im Hinblick auf die von ihnen erwartete verjüngende Wirkung. Sie hatten jedoch ein Gutes, daß sie die Aufmerksamkeit auf eine Tatsache lenkten, die hernach Gegenstand genauester Untersuchungen wurde. Die Interstitialdrüsen der Geschlechtsorgane wurden von dem Forscherpaare Ancel und Bouin in Nancy untersucht. Ihre physiologische Rolle jedoch und die Wirkung der Genitalorgane überhaupt auf den Körper wurde unter anderen von J. Meisenheimer in Leipzig, der sie an Schmetterlingslarven untersuchte, und von Eugen Steinach in Wien, der in dieser Hinsicht Wirbeltiere studierte, erforscht. Steinach gelang es durch Operationen den Charakter des Geschlechtes zu beeinflussen, indem er die Geschlechtsdrüsen männlicher und weiblicher Tiere vertauschte. Hierdurch wurden nämlich die Tiere sowohl in ihrem Aussehen, als auch in der Betätigung ihres Geschlechtstriebes entsprechend verändert. Im übrigen ist Steinach bekannt geworden durch die Wiederaufnahme der Verjüngerungsexperimente im Stile Brown-Séquards, wenn auch mit mehr Sorgfalt in der Theorie und in Einzelheiten. Diese Versuche verschafften ihm eine gewisse Berühmtheit, die jedoch wegen der Eigenart des Anlasses recht stark an die Reklame erinnert, die seinen Vorgänger umgab. Übrigens weist seine Methode schon Mängel auf, die ihre praktische Verwendbarkeit auszuschließen scheinen.

Die Kenntnis von der inneren Sekretion entwickelte sich auch hinsichtlich anderer Organe außerordentlich schnell, und sogenannte endokrine Drüsen wurden in großer Zahl entdeckt. Wir erinnern nur an die Nebennieren, die Hypophyse, die Thymusdrüse und die Schilddrüse, deren Funktionen gleichzeitig ermittelt wurden. Aber auch andere Organe lernte man als Erzeuger innerer Sekrete oder Hormone kennen. Der Dünndarm scheidet eines aus, das Sekretin genannt wird und, durch das Blut dem Pankreas zugeführt, dieses zur Sekretion anregt. Ein anderer derartiger Stoff entsteht im Zusammenhang mit der Trächtigkeit bei Säugetieren und veranlaßt die Milchabsonderung. Im Pankreas scheidet eine bestimmte Kategorie von Zellen ein Sekret aus, das offenbar den Stoffwechsel beeinflußt, da bei seinem Ausbleiben Zuckerkrankheit entsteht. Überhaupt hat man von vielen solchen inneren Sekretionen bloß auf indirektem Wege Kenntnis erlangt durch die Krankheiten, die entstehen, wenn die sezernierenden Organe beschädigt oder entfernt werden.

Ein Forschungsgebiet für sich bildet in unserer Zeit die Serologie, die eines der wichtigsten Kapitel der Medizin ausmacht. Als ihr Begründer

wird Pasteur genannt. Später haben besonders Behring und Ehrlich mit ihren Schülern sich auf diesem Gebiete ausgezeichnet. Man stellte fest, daß die krankheitserregenden Bakterien während ihrer Vermehrung im Körper gewisse chemisch isolierbare Stoffe von spezifisch giftiger Wirkung, die sogenannten Toxine erzeugen, auf denen ihre Gefährlichkeit beruht und gegen die der Körper sich durch Bildung von gleichfalls spezifischen Gegengiften oder Antitoxinen zu schützen sucht. Die heutige Medizin ist nun vielfach in der Lage, solche Gegengifte isolieren und mit Erfolg gegen die entsprechende Infektionskrankheit anwenden zu können. Die Antitoxine werden gewöhnlich in der Weise beschafft, daß man das Toxin einem Versuchstier beibringt und dessen Blutserum als Gegengift gegen die Krankheit benutzt. Die Stoffe selbst, die Toxine und Antitoxine kommen nur in sehr geringen Mengen vor und haben aus diesem Grunde und wegen ihres komplizierten Baues noch nicht analysiert werden können. Ihre quantitative Wirkung aufeinander ist jedoch von Svante Arrhenius und anderen untersucht worden.

Im Zusammenhang mit diesen Forschungen ist auch die Beschaffenheit des Blutes überhaupt sehr genau untersucht worden und hat zum Teil sehr bemerkenswerte Aufschlüsse gegeben. Unter den bekanntesten soll die Präzipitinreaktion erwähnt werden, die von Behrings Amtsnachfolger in Marburg Paul Uhlenhuth (geb. 1870) entdeckt wurde. Wenn man z. B. Hundeserum einem Kaninchen injiziert, so erhält man nach einigen Tagen aus dem Blute des Kanichens ein Serum, das mit dem Blute des Hundes einen Niederschlag erzeugt. Diese Reaktion ist spezifisch und kann daher in der gerichtlichen Medizin zur Unterscheidung von z. B. Menschen- und Tierblut benutzt werden. Nahestehende Formen wirken jedoch hierbei wie identische, und das Blut von Menschen und Menschenaffen gibt z. B. die gleiche Reaktion. Diese chemische Gleichheit nahestehender Organismen erregte anfangs als phylogenetisches Beweismittel großes Interesse. Bei einiger Überlegung jedoch ergibt sich, daß diese Übereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung genau ebensoviel bzw. wenig beweist, wie die morphologische Ähnlichkeit, die mit Hilfe der alten vergleichenden Methode festgestellt wird. Denn daß Ähnlichkeit im Körperbau, in der Nahrung und in den Lebensgewohnheiten auch die Übereinstimmung in chemischer Hinsicht voraussetzt, erscheint so selbstverständlich, daß das Gegenteil Verwunderung erregen müßte.

Noch ein Beispiel von den Entdeckungen auf diesem Gebiete mag hier angeführt werden. Elias Metschnikoff (1845—1916), ein Russe, der, nachdem er auf deutschen Universitäten studiert hatte, Professor am Institut Pasteur wurde, arbeitete, wie schon erwähnt wurde, die sogenannte Theorie der Phagozytose aus. Er fand, was schon Haeckel

beobachtet hatte, daß die weißen Blutkörperchen fremde, in den Körper eingedrungene Stoffe in sich aufnehmen, und stellte insbesondere fest, daß sie, die Leukozyten, in dieser Weise den Körper von Bakterien befreien, insofern diese nicht durch starke Vermehrung die Überhand gewinnen. In letzter Zeit hat man ferner gefunden, daß es besondere Stoffe gibt, die man Opsonine nennt, und die die Fähigkeit haben, die bakterien-tötende Kraft der Leukozyten zu vermehren. Über diese Stoffe ist einstweilen noch wenig bekannt, obschon sie von allergrößtem Interesse sind. Sie seien hier nur erwähnt als ein weiteres Beispiel für die weitgehenden Möglichkeiten, mit denen die moderne Biochemie zu rechnen hat. Die großen praktischen Vorteile, die diese Forschung der Menschheit gebracht hat, konnten hier bloß angedeutet werden, und einige von den theoretischen Spekulationen, zu denen sie Anlaß gaben, sollen im folgenden berührt werden.

4. Tierpsychologie.

Zur experimentellen Biologie könnte auch die Tierpsychologie gerechnet werden, falls sie sich stets im Rahmen der empirischen Forschung gehalten hätte. Das ist aber bei weitem nicht der Fall gewesen. Im Gegenteil schwankte noch bis heute die Vorstellung, die man sich vom Leben der Tiere machte, in unendlich weiten Grenzen, vom Standpunkt des primitiven Menschen, der bei den Tieren einen Verstand ähnlich seinem eigenen zu sehen meint, bis zu Descartes' Auffassung, der in den Tieren vollkommen automatisch wirkende Mechanismen sah. Die Ursache dieser Verwirrung ist natürlich in den unklaren Begriffen der menschlichen Psychologie zu suchen, die je nach dem Standpunkt wechselten, den die verschiedenen Philosophenschulen einnahmen. Erst in der Mitte des vorigen Jahrhunderts begann sich eine exakte psychologische Forschung dank dem Vorgehen von Th. Fechner, Wilhelm Wundt und ihren Schülern herauszuarbeiten. Diese empirische Psychologie behandelt die seelischen Phänomene wie jedes andere Beobachtungsobjekt. Sie ist, wie Höffding sagt, ebensowenig verpflichtet, mit einer Erklärung zu beginnen, was die Seele ist, wie die Physik verpflichtet ist, von einer Erklärung dessen, was die Materie ist, auszugehen. Leider haben die Biologen, welche tierpsychologische Erscheinungen behandelten, diese Mahnung keineswegs immer beachtet. Nicht selten haben sie, Haeckels Unsitte nachahmend, sich in Spekulationen über die Seele als solche vertieft, ohne vorher dieses verwickelte Problem kritisch zu behandeln.

Die Grundlage aller empirischen Psychologie ist Selbstbeobachtung. Darin stimmt ein Tierpsychologe der alten Schule, wie Romanes, mit einem modernen Experimentalpsychologen, wie Alfred Lehmann (1858—1921), dem Schüler von Wundt und Professor in Kopenhagen,

überein. Der letztgenannte betont, daß der Mensch nur im eigenen Bewußtsein Zustände und Tätigkeitsäußerungen der Seele beobachten könne. Die Annahme von Seelenerscheinungen bei anderen Wesen hängt davon ab, ob diese unter den gegebenen Umständen so zu handeln scheinen, wie der Mensch es unter denselben Verhältnissen tun würde. Bei Mitmenschen kann diese Schlußfolgerung mittels der Sprache kontrolliert werden, aber diese Kontrolle versagt bei Tieren. Hinsichtlich der Wirbeltiere kann man aus ihrem mit dem des Menschen übereinstimmenden Körperbau gewisse Schlüsse ziehen, aber auch diese Kontrolle fehlt bei den Wirbellosen. Als allgemeiner Grundsatz für die Tierpsychologie bleibt nach Lehmann nur übrig, zu erforschen, inwieweit ein Tier sich neuen und unerwarteten Situationen anpassen kann, ob es aus Erfahrungen lernen kann, seine Handlungen den Umständen entsprechend zu ändern. Geschieht letzteres, so hat man das Recht, bei dem Tiere ein individuelles Seelenleben anzunehmen, d. h. Lebenserscheinungen anderer Art, als die instinktmäßige Anpassung an normale Lebensbedingungen, die alles Tierleben charakterisiert und auf Nervenreflexen, oder überhaupt nur auf durch chemische oder physikalische Reaktionen hervorgerufenen Tropismen beruht, wie sie auch bei den allereinfachsten Organismen beobachtet werden. Jedoch sind solche Experimente zur Ermittelung von Reaktionen auf individuelle Erfahrungen äußerst schwer auszuführen und noch schwerer richtig zu deuten. Die Tiere müssen einerseits in Situationen gebracht werden, die beweisen, daß sie etwas Neues lernen können, und andererseits dürfen sie nicht in eine Lage versetzt werden, die ihrem eigentlichen Naturell Zwang antut. Der Weg zur wirklichen Erkenntnis auf diesem Gebiete ist also lang und schwer, und dadurch erklärt es sich, weshalb so viele widersprechende Angaben und Theorien gerade in diesem Bereiche und sogar von solchen Beobachtern ausgesprochen wurden, die verhältnismäßig vorurteilsfrei ans Werk gingen. Die Verwirrung wurde begreiflicherweise noch dadurch gesteigert, daß viele Forscher und Dilettanten in ihrem „darwinistischen“ Eifer bei den Tieren so viel und so menschenähnliche Intelligenz als möglich finden wollten. Andererseits fehlte es in unserer Zeit auch nicht an Zoologen, die in den Tieren ausschließlich Reflexmaschinen sehen wollten. Diese Auffassung war keineswegs immer die Folge konservativer Lebensanschauung, sondern mindestens ebensooft vom ultraradikalen Bestreben diktiert, die Rolle des Seelenlebens in der Natur soviel als irgend möglich einzuschränken. Einige Beispiele verschiedener Ansichten in dieser Frage mögen das Gesagte kurz veranschaulichen.

Ein Gebiet, das von altersher die Tierpsychologen interessiert hat, sind die Insekten und besonders die staatenbildenden Hautflügler. Hier haben in älteren Zeiten Phantasie und Leichtgläubigkeit gemeinsame

Orgien gefeiert. Man liest mit Staunen, was noch in der Mitte des vorigen Jahrhunderts über Beobachtungen an Ameisenstaaten gefabelt wurde [1]). Hernach trat eine nüchternere Stimmung ein, und man begann einzusehen, daß das meiste von den Handlungen der Ameisen auf ererbten Instinkten beruhen müsse. Ein besonders hervorragender Forscher auf diesem Gebiete ist der Jesuitenpater Erich Wasmann (geb. 1859), der besonders eine Menge Tatsachen hinsichtlich des Verhaltens der Ameisen zu den vielen Arten von „Gästen" behandelt, von denen es oft in ihren Bauten wimmelt und die von den Ameisen zum Teil sorgsam gepflegt werden. Wasmann ist übrigens als ein eifriger Gegner des Haeckelschen Monismus aufgetreten und hat eine von der katholischen Obrigkeit gutgeheißene Schöpfungsgeschichte ausgearbeitet, in der er auf eine sinnreiche Weise das meiste aus dem Darwinismus annimmt und doch dabei die alten Schöpfungsdogmen beibehält. Im Hinblick auf das Seelenleben der Tiere leugnet er natürlicherweise die Wesensgleichheit mit dem des Menschen und betont scharf das Reflex- und Instinktmäßige, während er den Tieren das individuelle Bewußtsein abspricht. Dennoch gibt er zu, daß auch die Insekten in gewisser Hinsicht planmäßig handeln können. Zu einem viel radikaleren Ergebnis kommt von einem ganz entgegengesetzten Standpunkt aus Albrecht Bethe, der durch umfassende, zum Teil höchst sinnreiche Experimente versucht hat und dem es auch in manchen Fällen gelungen ist zu beweisen, daß die Handlungen der Ameisen reine Reflextätigkeiten sind. Eine andere Auffassung finden wir dagegen bei dem Psychologen August Forel in Genf. Dieser meint, durch eine Reihe sorgfältig angestellter Versuche den Beweis geführt zu haben, daß die Insekten in der Tat durch Erfahrung lernen können und folglich Intelligenz besitzen. Ein anderer hervorragender Kenner des Insektenlebens, der zu ähnlichen Ergebnissen gelangt ist, ist der bekannte englische Naturforscher, Bankdirektor und Philantrop John Lubbock, Lord Avebury (1834—1913). Ein sehr bedeutender Tierpsychologe war auch George John Romanes (1848—1894), Professor in Oxford und eifriger Anhänger Darwins, dessen Lehre er in einigen Schriften verteidigt, indem er besonders gegen Weismann in der Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften auftritt. Er beschäftigte sich besonders mit experimentellen Untersuchungen über das Seelenleben höherer Tiere, von dem er meinte, daß es, wenn auch graduell verschieden, so doch dem Wesen nach dem des Menschen gleich wäre. Ähnlich wie Darwin nimmt

1) Als ein Beispiel mag folgende an vielen Orten, so auch bei Romanes, wiedergegebene Erzählung über eine amerikanische Ameisenart angeführt werden, in der es heißt, daß die den Staat bewachenden Ameisen ein geordnetes, regelmäßiges Viereck bilden, in dessen Mitte die Arbeiter ebenso intelligente und wohlberechnete Dinge ausführen.

er kritiklos fremde Berichte und Anekdoten auf, aber seine eigenen Beobachtungen sind scharfsinnig. Mit besonderem Eifer ist die experimentelle Tierpsychologie in Amerika gepflegt worden, und unter ihren dortigen Vertretern mag hier R. M. Yerkes angeführt werden, der durch eine lange Reihe von Experimenten die Fähigkeit von Tieren, durch Erfahrung zu lernen, zu erforschen suchte. Besonders bekannt geworden ist sein „Labyrinth", in das er die Tiere einsperrte, damit sie selbst den Ausgang finden sollten.

Als allgemeines Ergebnis aus der Tätigkeit aller dieser Forscher kann folgendes hervorgehoben werden. Die Wirbeltiere, wenigstens die höheren, können aus Erfahrungen Lehren ziehen. Inwieweit höhere Wirbellose auch dazu befähigt sind, ist, wie es scheint, noch nicht erwiesen. Die Erfahrungen selbst können auch in verschiedener Weise wirken. Entweder macht ein Tier, unabhängig von dem, was es früher erlebt hat, in jedem neuen Fall eine neue Erfahrung, oder es hat wirklich die Fähigkeit, seine Erfahrungen im Gedächtnis zu behalten und in neuen Lagen aus ihnen Nutzen zu ziehen. Die erstgenannte Fähigkeit ist die primitivere und im Tierreiche auch mehr verbreitet. Die andere, das rationelle Anpassungsvermögen, ist sicher nur bei einer geringen Anzahl hoch entwickelter Tiere beobachtet worden. Noch umstrittener sind die Fälle, wo es sich um das Erfassen von Zahlenverhältnissen und anderen abstrakten Begriffen handelt. Schon lange sind einzelne Fälle bekannt, in denen Haustieren rein menschliche Intelligenz zugeschrieben wurde. Shakespeare spielt in einem von seinen Lustspielen auf ein damals zur Schau gestelltes Pferd an, das rechnen konnte, und auch in unseren Tagen werden einige derartige Fälle viel erörtert. Auch Biologen vom Fach haben sich nach Untersuchung des Falles dem Glauben angeschlossen, daß die berühmten Elberfelder Pferde in der Tat Aufgaben aus der höheren Mathematik lösen und andere ähnliche, merkwürdige Dinge verrichten können. Andererseits werden aber diese Fälle durchaus bestritten, und Alfred Lehmann bezeichnet sie ohne weiteres als Selbsttäuschung der Zuschauer, oder bewußten Betrug seitens des Dresseurs. Und auch im besten Falle kann bloß eine abnorme Empfänglichkeit für Dressur vorliegen, die aber nichts über die normale Intelligenz der Tiere besagt und nicht als Richtschnur für die Beurteilung der Entwicklung der Intelligenz im Tierreiche dienen darf, auch wenn viele, die sich durch die Vorführungen haben überzeugen lassen, dieser Meinung wären. Scharfe Kritik ist gerade in solchen Fällen ganz besonders vonnöten, und leider hat es sich erwiesen, daß auch hervorragende Biologen infolge vorgefaßter Meinungen oft stärker im Glauben, als klar im Urteil sind, was besonders deutlich wird, wenn es sich um das viel umstrittene Kapitel vom Seelenleben der Tiere handelt.

Kapitel XLVI.

Theoretische Spekulationen unserer Zeit.

1. Mechanismus und Vitalismus.

Aus dem vorigen Kapitel ging hervor, daß die Biologie unserer Tage weit mehr durch praktische Einzelforschung, als durch theoretische Spekulation ausgezeichnet ist. Eine allgemeine Lebenstheorie, wie sie im Darwinismus geboten wurde, hat es seitdem nicht mehr gegeben. An ihre Stelle trat ein unruhiges Suchen nach neuen Gründen, auf denen sich eine neue Lebenstheorie aufbauen ließe. Der Wege waren viele, auf denen zur Zeit der Jahrhundertwende und später die theoretische Lösung des Lebensproblemes gesucht wurde, und sie führten nach sehr verschiedenen Richtungen. Einerseits sehen wir Wiederholungen der alten materialistischen und mechanistischen Lebenstheorien aus den Tagen Vogts und Haeckels und andererseits vitalistische Ideen, die ihre Stütze in Bichat, Stahl oder Aristoteles suchen. Der alte Gegensatz zwischen christlichem Konservatismus und darwinistischem Radikalismus, der vor einem halben Jahrhundert Parteibildung bewirkte, ist jetzt im wesentlichen ausgeglichen, wenn auch noch nicht überall völlig geschwunden. In dieser Hinsicht müssen wir anerkennen, daß in unseren Tagen Streitfragen sachlicher behandelt werden, als früher, obschon von manchen Seiten her Meinungsverschiedenheiten noch reichlich scharf genug ausgefochten wurden. Über die in den verschiedenen Lagern herschenden Ansichten können wir als eine abschließende Übersicht über die Stellung der Biologie in der Generation, der wir selbst angehören, hier nur noch einige Proben anführen. Leider kann man aber heute weniger denn je auf die künftige Entwicklungsrichtung dieser Probleme schließen.

Max Verworn (1862—1921) wurde in Berlin geboren, studierte daselbst und in Jena und wurde Professor der Physiologie in Göttingen. Er war ein Schüler von Haeckel, den er bis zuletzt bewunderte und dessen Grundideen er beibehielt. Das biogenetische Grundgesetz und die Selektionslehre waren für ihn bewiesene Tatsachen. Von neueren Beiträgen zur Entwicklungshypothese billigte er de Vries' Mutationstheorie, aber hatte kein Interesse für den Mendelismus. Auf dieser Grundlage baute er jedoch eine eigene Lebenstheorie auf, die auf vielen Seiten lebhaften Beifall fand. Er nennt sie „Zellularphysiologie“, da er ihr, wie der Name andeutet, die Lehre von der Zelle als Lebenseinheit zugrunde legt. Diese Bedeutung der Zelle wird von ihm schärfer, als von irgendwelchen anderen, gegenüber allen Theorien, die es auf kleinere Einheiten, z. B. Altmanns Granula, abgesehen haben, immer wieder betont. Für ihn ist der Körper ausschließlich ein Zellenstaat. Die Bildung und das Zusammenwirken von Organen interessiert ihn wenig und wird nur neben-

bei erwähnt. Roux und Mendel werden nicht einmal in der neuesten Auflage seiner „Allgemeinen Physiologie“ erwähnt. Was ihn am meisten beschäftigt, ist die lebende Substanz und ihre Beschaffenheit, und auf diesem Gebiete hat er mit den hypothetischen Lebenseinheiten mechanischen Charakters aufgeräumt, die vor und zu seiner Zeit eine so große Rolle spielten. Selbst aber hat er es doch nicht unterlassen können, eine ebensolche Phantasiekonstruktion, wenn auch auf anderer Grundlage, auszudenken. Er nimmt eine chemische Lebenseinheit von eiweißartiger Beschaffenheit an, die er „Biogen“ nennt und als deren wesentlichster Charakterzug eine außerordentliche chemische Labilität angegeben wird, ein beständiger und gleichzeitiger Zerfall und Wiederaufbau. In diesem chemischen Stoffwechsel besteht nach Verworn das eigentliche Wesen des Lebens, und es gibt keinen anderen Unterschied zwischen Belebtem und Unbelebtem, als jene außerordentlichen Umsetzungsmöglichkeiten. Das Biogen ist an und für sich ebenso hypothetisch, wie Plastidule und Mizellen. Das gibt auch freilich Verworn zu, aber er teilt die schwache Seite anderer spekulativer Biologen, indem er die einmal fertig ausgearbeitete Hypothese als Tatsache gelten läßt. Schlimmer jedoch ist der Umstand, daß das Biogen von der modernen Biochemie abgelehnt wird, deren Vertreter die ganze Hypothese verwerfen, indem sie betonen, daß es kein anderes Eiweißmolekül gäbe, als das in der Chemie allgemein bekannte. „Es gibt ebensowenig ein totes stabiles Eiweiß neben einem lebenden labilen, wie es tote und lebende Zucker, tote und lebende Fette gibt. Die Gründe für die große und stete Reaktionsfähigkeit des Protoplasmas sind ganz andere. Sie sind in dem Zusammenwirken aller Einzelstoffe in bestimmten Mengenverhältnissen gelegen“ (Höber). Diese Einwände beachtete indessen Verworn um so weniger, als ihn die moderne Biochemie gar nicht interessierte. Er erwähnt nicht einmal die Fortschritte der Kolloidchemie, sondern erörtert noch die alte Frage, ob das Plasma fest oder flüssig sei.

Im allgmeinen ging also Verworn seinen eigenen Weg ohne sich viel um die Fortschritte der Wissenschaft in seiner Zeit zu kümmern. Sein Grundsatz war, wie ein Biograph mitteilt, nicht zu viel lesen, sondern selbst denken. Er war außerdem eine schwärmerische Natur, interessierte sich lebhaft für ethische und soziale Fragen und weihte jedes neue Jahr feierlich ein, indem er sich um 12 Uhr in der Neujahrsnacht an den Arbeitstisch setzte. Bei solcher Veranlagung war er natürlich geneigt, über die höchsten Fragen des Lebens zu philosophieren. Er arbeitete eine besondere Theorie aus, die er den „Konditionismus“ nannte, und dieser sollte die alten Begriffe Ursache und Wirkung ersetzen und bedeuten, daß alle Erscheinungen von einer Menge gleichzeitiger Bedingungen abhängen. Was er damit bezweckte, war, dem alten Gegensatz von Ding und Phä-

nomen beizukommen und damit auch letzten Endes dem Gegensatz zwischen physisch und psychisch, den er durch den alles umfassenden „Psychomonismus“ ersetzen wollte. Ein scharfsinniger Denker war Verworn jedoch nicht, und sein Konditionismus erinnert an Machs Phänomenalismus, der aber weit mehr durchdacht war. Sein Psychomonismus führt bloß zu einer Menge vergeblicher Versuche, den tatsächlich existierenden und beobachteten Unterschied zwischen dem Lebenden und Unbelebten zu umgehen, wobei das hypothetische „lebende“ Eiweiß die Rolle des Allheilmittels in allen schwierigen Fällen spielen muß. Durch seinen Enthusiasmus, seinen glänzenden Stil und seine unleugbar wertvollen Beiträge zur Frage von der Zelle als physiologischer Lebenseinheit hat Verworn jedenfalls eine bedeutende Rolle unter den Biologen seiner Zeit gespielt.

Eine mechanistische Naturerklärung auf ganz anderer Grundlage stellte der im vorigen Kapitel genannte Experimentalforscher Loeb auf. Dieser war, wie erwähnt, ein Schüler von Sachs, dessen Untersuchungen über die Tropismen der Pflanzen die Grundlage seiner ganzen Lebensauffassung wurden. Selbst hatte er in jüngeren Jahren eine Anzahl wertvoller Untersuchungen über Tropismen bei niederen Tieren ausgeführt, zu denen sich später noch die oben geschilderten Experimente über die durch chemische Reagentien hervorgerufene Parthenogenese von Eiern gesellten. Die allgemeine Lebenstheorie, die er aufstellt, beruht in der Tat auf diesen beiden Kategorien von Versuchen. Er betrachtet die Bewegungen der Tiere im denkbar größten Umfang als Tropismen, die durch äußere Einwirkungen ausgelöst werden. Bewegt sich ein Tier gegen das Licht, so geschehe das deshalb, weil durch die Wirkung des Lichtes eine Oxydation gewisser Stoffe des Tieres hervorgerufen werde und durch diese die Bewegung. Andere Bewegungen würden durch chemische Stoffe bewirkt, die direkt im Innern des Tieres entständen, wie z. B. der Paarungsflug der Insekten. Auf solche Tatsachen gründet er eine „mechanische Auffassung vom Leben“, welche überzeugend zu formulieren ihm jedoch kaum gelungen ist. Er macht sich keine Vorstellung davon, daß es zu den Pflichten eines Forschers gehört, seine Theorien zu durchdenken. Wenn seine Theorie auf einen Fall paßt, so muß sie ohne weitere Prüfung für alle gelten, und tut sie es augenscheinlich nicht, so werden die ungeeigneten Fälle einfach übergangen. Er berichtet z. B. über den Phototropismus von Blattläusen, über den er sinnreiche Experimente angestellt hat, und leitet das Phänomen aus dem erwähnten Oxydationsprozeß ab. Daß aber das Phänomen bei Wiederholungen schneller verlaufe, „könne darauf beruhen“, daß die Muskeln bei der Bewegung Milchsäure erzeugen. Demnach wird der erwähnten Erscheinung eine Ursache zugeschrieben, von der behauptet wird, sie

habe eine generelle Bedeutung für alle Lebensvorgänge, aber obgleich bald darauf festgestellt wird, daß die Ameisenarbeiter diesen Tropismus nicht zeigen, erfolgt dennoch kein Versuch, diese merkwürdige Ausnahme zu erklären. Derselbe Mangel an Folgerichtigkeit im Denken zeigt sich überall. Auch die Entwicklung des Eies soll auf Oxydation beruhen, daß sie aber durch so äußerliche Einwirkungen, wie einerseits durch Behandlung mit einer Säure, andererseits durch einen Nadelstich veranlaßt werden kann, erregt freilich ein wenig Verwunderung, die jedoch Loeb nicht davon abhält, den ganzen Vorgang für einen rein physikalisch-chemischen zu erklären. Das allermerkwürdigste bei dieser Sache, die eigentümliche Beschaffenheit des Eies selbst, wird keiner Erörterung gewürdigt. Für Loeb existieren nämlich überhaupt keine Strukturverhältnisse, und sogar die chemische Zusammensetzung der Organismen wird kaum berührt, denn alles was in den Organismen geschieht, beruht auf Impulsen von außen her, und daher werden alle Lebenserscheinungen über einen Kamm geschoren, gleichviel ob es sich um Seeigel oder um Insekten oder Frösche handelt. Das Ziel ist, wie gesagt, eine mechanische Erklärung des Lebens, aber gerade wegen dieses ausschließlichen Interesses für äußere Einwirkungen fällt die Erklärung im wesentlichen negativ aus, da sie sich auf eine Verneinung anderer Kräfte, als die erwähnten äußeren, beschränkt. Sobald es sich um kompliziertere Fragen handelt, kann Loeb eine geradezu erschreckende Kritiklosigkeit verraten. So z. B. spricht er über den Mendelismus und versichert, daß durch ihn die Vererbungsfrage gelöst sei, behauptet aber bald darauf mit staunenswerter Sicherheit, daß man jeden Knochenfisch mit jedem beliebigen anderen Knochenfisch kreuzen könne[1]), er selbst habe derartige Bastarde einen Monat lang am Leben erhalten. Die richtige Deutung dieser Versuche ist offenbar die, daß unter dem „aktivierenden" Einfluß fremden Spermas die Eier sich parthenogetisch entwickelten. Loeb erklärt aber buchstäblich, daß Bastarde zwischen Hecht und Flunder möglich seien. Wer so leichtsinnig seine Schlüsse zieht und so wenig die Folgen derselben bedenkt, kennt natürlich auch keine Grenzen für seinen Ideenflug und entgeht schließlich allem Meinungsaustausch mit Forschern von normalem Verantwortungsgefühl. Loeb ist zweifellos ein genialer Experimentator und als solcher bahnbrechend, aber unter den Denkern findet sich für ihn in der Geschichte der Biologie kein Platz.

Im allgemeinen machen die mechanistischen Spekulationen in der Biologie unserer Tage einen recht einförmigen Eindruck, und es dürfte sich kaum lohnen, mehr Vertreter dieser Richtung hier anzuführen. Bei

---

1) Vgl. „Mechanistic conception of life", S. 24. — „It is possible to cross practically any marine teleost with any other."

denen, die beständig dafür eintreten, daß kein wesentlicher Unterschied zwischen Lebendem und Unbelebtem vorhanden sei, trübt sich in der Tat alsbald der Blick für das wirklich Charakteristische bei der lebenden Materie und ihren Stoffwechselerscheinungen, die sonst im Mittelpunkt des Interesses auch solcher Biologen stehen müßten, die den alten, schon von Kant aufgestellten Satz anerkennen, daß nur materielle Phänomene Gegenstand naturwissenschaftlicher Behandlung sein können. Nicht die an und für sich berechtigte Beschränkung auf die chemischen und physikalischen Erscheinungen des Lebensphänomenes bildet die schwache Seite der mechanistischen Lebenstheorien, sondern das hartnäckige Festhalten an den groben Vergleichen zwischen den Erscheinungen der lebenden und unbelebten Natur. Die Schwäche solcher Vergleiche würde sicher auch von den Verfechtern derselben eingesehen werden, wenn sie nicht stets bemüht wären, Grundlagen zu schaffen für irgendeine Weltanschauung, deren Tragweite alle Grenzen der Naturwissenschaft weit hinter sich läßt. Wenn Verworn also die Unsterblichkeit der Seele erörtert und verneint, so behandelt er vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus das leere Nichts, denn wenn auch die Biologie Seelenphänomene studiert, so hat sie sich doch nicht mit dem für sie unmöglichen Problem der Existenzbedingungen der Seele zu befassen. Und fragt man sich, ganz abgesehen von solchen metaphysischen Haarspaltereien, ob sämtliche wahrnehmbaren materiellen Prozesse im lebenden Organismus und seinen Teilen unmittelbar aus bekannten Vorgängen in der unbelebten Natur abgeleitet werden können, so muß die Antwort gegenwärtig verneinend ausfallen. Diejenigen, welche sich an dieses Problem gewagt haben, sind entweder in groben Schematismus verfallen, oder haben Wechsel auf in der Zukunft zu erwartende Fortschritte gezogen, was natürlich eine nicht zu billigende Art ist, die Unlöslichkeit des Problemes zu umgehen. Daß man in der Zukunft dem Kernpunkt des Problems näher kommen kann, muß ohne weiteres zugegeben werden, ob es aber jemals ganz gelöst werden wird, darüber wissen wir nichts anderes, als was schon Spencer und viele andere festgestellt haben, daß die Erkenntnisfähigkeit begrenzt ist und daß daher die Hauptgesetze, nach denen das Dasein geregelt ist, unerklärt bleiben müssen.

Die Popularität der mechanistischen Lebenstheorien beruht in der Tat auf denselben Ursachen die seinerzeit Haeckels natürlicher Schöpfungsgeschichte so viele Auflagen verschaffte. Indessen mußte infolge der durch die großen, aber unerfüllt gebliebenen Versprechungen veranlaßten Enttäuschung ein Rückschlag eintreten. Und so sehen wir denn auch schon vor der Jahrhundertwende vitalistische Lebenstheorien auftreten, deren Anhänger weder gering an Zahl, noch unbedeutend waren. In unserem Jahrhundert hat sich ihre Zahl noch vermehrt,

und obwohl man sagen kann, daß sie nirgends die Situation beherrschen, ist ihre Rolle dennoch bedeutend genug gewesen, und viele von ihnen haben einen merkbaren Einfluß sogar in solche Kreisen gehabt, in denen sonst vitalistische und spiritualistische Ideen keinen Anklang fanden. Sie gingen meist aus den Kreisen der Physiologen hervor, während die Morphologen mit sehr wenigen Ausnahmen auf dem seit dem Durchbruch der Deszendenzlehre herrschenden Standpunkt verharrten. Bei einzelnen beruhte der Vitalismus auf besonderen religiösen oder sozialen Grundsätzen, wie z. B. bei dem oben genannten Jesuiten Wasmann, der sich infolge seines kirchlichen Standpunktes zu einer Lebenstheorie hingezogen fühlen mußte, die eine spiritualistische Erklärung des Daseins ermöglichte. Aus demselben Grunde war auch der protestantisch-konservative Politiker und Botaniker J. Reinke Vitalist, den wir im vorhergehenden als einen Gegner Haeckels und Verfasser heftiger Streitschriften gegen den Materialismus kennen lernten. Größere Unparteilichkeit finden wir bei den Physiologen Gustav von Bunge und R. Neumeister, die beide die Frage behandelten, ob die Lebenserscheinungen aus physikalisch-chemischen Ursachen allein hergeleitet werden können. Bunge faßt besonders den komplizierten Bau und die Lebensäußerungen der Zelle ins Auge, die physikalisch und chemisch nicht erklärt werden können, und steht auf dem Standpunkt, daß das Leben nicht anders, als durch Selbstbeobachtung studiert werden könne und folglich ein psychischer Prozeß sei. Neumeister hebt im Gegensatz zu Haeckel und seinen Anhängern hervor, das Leben sei ein transzendentes Problem, und psychische Vorgänge ließen sich nicht aus materiellen ableiten. Diese Kritik des Materialismus seiner Zeit ist an und für sich wohl berechtigt, aber doch nur negativ, und die Hinzufügung einer gedachten Lebenskraft hieße bloß eine neue Komplikation schaffen, die nicht mit unserem Streben nach Vereinfachung, wie sich Henle seinerzeit ausdrückte, vereinbar ist. Die ausgeprägtesten Vitalisten unserer Zeit waren sich dessen vollkommen bewußt und haben, wohl wissend, was sie taten, die Grenzen der exakten Wissenschaft überschritten und sich ins Gebiet der abstrakten Spekulation hinausgewagt.

Der interessanteste unter den philosophierenden Naturforschern unserer Zeit ist ohne Zweifel Hans Driesch, da seine Geschichte die Entwicklung eines folgerichtigen Vitalisten vom Biologen zum Metaphysiker zeigt. Geboren im Jahre 1867 als Sohn eines reichen Kaufmannes konnte er sich von Anfang an frei und ohne Rücksicht auf die herrschenden Gedankenrichtungen der Wissenschaft widmen. Wie er als Experimentalbiologe anfing, ist im vorhergehenden geschildert worden, und auch wie er seine Versuche in ausgeprägt epigenetischer Richtung deutete, wodurch er in einen Gegensatz zu Roux und seine Präformationstheorie

trat. Ausgeprägt oppositionell war auch seine Stellung zum Darwinismus, den er schon in jungen Jahren für einen überwundenen Standpunkt erklärte. Sowohl durch die Ergebnisse seiner Experimente, als auch durch seinen Antidarwinismus geriet er schon früh in eine aggressive Stellung gegenüber der älteren biologischen Schule, und das erklärt seinen scharfen Blick für die Schwächen dieser. Außerdem aber ist er eine ausgesprochen spekulative Natur mit weitgehenden philosophischen Interessen und entsprechender Belesenheit und steht in hohem Grade im Banne der abstrakten Konstruktion, in die der Aristotelismus die Lebenserscheinungen faßt. Auf dieser Grundlage baut er seine Beweise für die „Autonomie der Lebensvorgänge" auf, indem er behauptet, ein lebendes Wesen bilde ein „harmonisch-äquipotentielles System", und damit meint, daß der Umstand, daß eine Hydra, oder ein anderer primitiver Organismus sich aus abgeschnittenen Stücken regenerieren kann, beweise, daß ein Tier keine Maschine sei, denn diese könne sich nicht aus einzelnen ihrer Teile neubilden. Diesen Gegensatz zwischen Maschinen und lebenden Wesen benutzt er immerfort als Beweis für die Unmöglichkeit, das Lebende vom Unbelebten abzuleiten, und kommt durch diesen Vergleich zu demselben negativen Resultat, wie die oben angeführten Vitalisten, aber auf Grund rein abstrakter und schematischer Erwägungen. Er begnügt sich jedoch hiermit nicht, sondern will ermitteln, was eigentlich das Leben sei. Die Antwort ist das von Aristoteles entlehnte Wort „eine Entelechie". Mit diesem Worte bezeichnete Aristoteles, wie wir sahen, die der Materie innewohnende Möglichkeit, die in dem Maße Wirklichkeit wird, als die Materie sich zu immer höheren Formen entwickelt. Driesch hat auch ein ausgeprägtes Interesse für die Form in der belebten Natur, die sich nach seiner Meinung viel mehr für „philosophische Analysen" eignet, als Umwandlungen des Stoffes. Unter Entelechie versteht Driesch aber etwas weit schwerer Verständlicheres, nämlich etwas, „welches das Ziel in sich trägt". Er hat es also dabei auf die funktionelle Anpassung der lebenden Wesen abgesehen, vertieft sich aber bei seiner eingehenden und weitläufigen Analyse des Begriffes in eine Menge abstrakter Spekulationen, die durch die von ihm geschaffenen, äußerst komplizierte Terminologie noch schwerer verständlich werden. In der Tat muß man sich zurückversetzen in die Blütezeit der Hegelschen Philosophie, um hinsichtlich der Schwerverständlichkeit das Gegenstück zu Drieschs Definitionen und Charakteristiken von Lebensvorgängen zu finden. So viel kann man jedenfalls aus ihnen ersehen, daß er als Hauptbeweis für seinen Vitalismus sein eigenes persönliches Bewußtsein anführt, denn so dürfte man seinen Ausdruck „phänomenologischer Idealismus" deuten können, der nach seiner Meinung unmittelbar zum Vitalismus führt, wenigstens was seinen eigenen Körper betrifft. Hernach wird dieser Satz auch auf

andere lebende Körper ausgedehnt. Aber das ist schon nichts anderes, als reine Metaphysik und hat mit Biologie gar nichts mehr zu schaffen. Unter solchen Umständen ist es überflüssig, hier die weitere Ausführung der Idee vom Verhältnis der Entelechie zur Materie genauer zu schildern, zumal die Schwerverständlichkeit der Behandlung dieses Themas alle Grenzen überschreitet, wie folgende Kapitelüberschrift zeigt: „Entelechie bezieht sich auf den Raum und gehört daher zur Natur, aber Entelechie ist nicht im Raum", die hernach wie folgt erklärt wird: „sie wirkt nicht im Raum, sie wirkt in den Raum hinein". Ein gewöhnlicher Leser wird davon nicht viel klüger, und dasselbe gilt von der Behauptung: „Materie ist nicht einmal in irgendeinem Sinne die Grundlage des Lebens". Die Umformungen, die Driesch hierbei mit dem Gesetz von der Unvergänglichkeit der Energie vornimmt, mögen die Physiker beurteilen. Nachdem Driesch also schon längst die Grenze zwischen empirischer Forschung und Metaphysik überschritten hatte, zog er daraus für sich die praktische Konsequenz, daß er Professor der Philosophie in Leipzig wurde, und sich nur noch mit Spekulationen abstraktester Art beschäftigt.

Ein anderer Vitalist, der nicht wenig von sich reden gemacht hat, ist Emanuel Rádl. Geboren 1873 in Böhmen studierte er in Prag und wurde daselbst Dozent der Physiologie. Seine Forschungen betrafen zum Teil das Gebiet der Physiologie, wo er die Tropismen der niederen Tiere bearbeitete, zum Teil das der Gehirnmorphologie. Sein bekanntestes Werk ist jedoch seine „Geschichte der biologischen Theorien der Neuzeit", ein viel gelesenes und zitiertes Buch, dessen erster Teil in zwei wesentlich voneinander verschiedenen Auflagen vorliegt. Eine Besprechung dieser Arbeit erfordert zuerst eine Darlegung des biologischen Standpunktes des Verfassers, der in seinem größten Spezialwerk, „Neue Lehre vom zentralen Nervensystem", deutlich hervortritt. Rádl entwickelt hier in der Einleitung besonders weitreichende Pläne entsprechend seiner vollen Überzeugung von der Tragweite und dem Zukunftswert seiner eigenen Ideen. Die darwinistische Morphologie verurteilt er als ein geistloses Beschreiben und Aneinanderreihen verschiedener Entwicklungsformen. Einen größeren Wert mißt er der experimentellen Entwicklungsphysiologie im Sinne Roux' bei. Den größten Zukunftswert aber hat nach Rádl die ideelle Morphologie, die er selbst lehrt. Als Vorläufer werden Geoffroy Saint-Hilaire und, wenn auch in geringerem Grade, Cuvier angeführt, als Ziel aber wird angegeben das Suchen nach Ideen, nach denen die Formen der lebenden Organismen gebildet sind. „An der Wurzel des organischen Lebens kämpfen mehrere Ideen um den Vorrang; jedem Organismus liegt eine ideale Struktur zugrunde". Diese ideale Struktur soll nun durch Vergleichungen der Formen des ganzen Tierreiches gefunden werden, denn nur auf diesem Wege könne man

eine Kenntnis von den großen Ideen des Daseins gewinnen. Dieses ist ja ganz einfach die idealistische Morphologie vom Beginn des Jahrhunderts, und ihre Durchführung im einzelnen gestaltet sich zu einer Sammlung aus dem Zusammenhang gerissener Sätze anderer Verfasser im Verein mit eigenen nicht immer überzeugenden Beobachtungen hinsichtlich des Gegenstandes seiner Untersuchungen, des zentralen Nervensystems. Apathys Fibrillentheorie wird der Neuronenlehre vorgezogen, und selbst schildert Rádl in Wort und Bild eine seiner Meinung nach im ganzen Tierreiche vorkommende Kategorie von Fibrillen, die beim Eintritt in ein Ganglion in bestimmter Weise gekrümmt sind, und die er Kaskadenfibrillen nennt. Diese Fasern sehen jedoch wenig natürlich aus und scheinen schief geschnittene, oder fehlerhaft fixierte gewöhnliche Nervenfasern zu sein. Die formellen Übereinstimmungen im Nervensystem, auf denen sich diese ideelle Morphologie aufbaut, müssen einem Morphologen der alten Schule recht uninteressant und absolut nichts beweisend erscheinen. Rádl dagegen verspricht sich von seiner Methode außerordentliche Resultate. Die Lehre von den organischen Strukturen eignet sich nach seiner Meinung zum Aufbau einer eigenen großartigen Philosophie, „welche zu uns aus der Harmonielehre der Pythagoreer, aus Platos Ideenlehre — — und aus den dunklen Schwärmereien der romantischen deutschen Naturphilosophie spricht". An die letztgenannten erinnert zweifellos Rádls Auffassung der Welt als einer „Schöpfung des sie betrachtenden Geistes". Seine ausdrückliche Absicht mit dem ganzen Werke ist eben Erstaunen zu erregen, denn durch das Erstaunen hätten die Menschen jetzt und stets angefangen zu philosophieren. Und Erstaunen erweckt das Werk in der Tat, obschon vielleicht nicht in der vom Verfasser beabsichtigten Weise. Es hat offenbar auf den Entwicklungsgang der Neurologie keinen Einfluß gehabt und brauchte hier nicht erwähnt zu werden, wenn nicht das oben erwähnte historische Werk des Verfassers weithin bekannt geworden wäre.

Diese Berühmtheit gründet sich zum Teil auf Rádls zweifellos bedeutende Verdienste als Historiker, große Belesenheit, lebhaften Stil und kühne, oft treffende Urteile, namentlich in der Darstellung der Entwicklung des Darwinismus in Deutschland im II. Teil, die sowohl lebhaft, als auch inhaltsreich ist, zum Teil auf seine Opposition gegen den alten Darwinismus, eine Oppostion, die gerade in dem Zeitpunkt einsetzte, wo die alte Lehre schon untergraben war, aber noch offizielle Geltung hatte, zum Teil aber auch auf die Menge bisweilen geistreicher, öfter aber bloß barocker philosophischer Erklärungen, die überall in der historischen Darstellung zerstreut sind und bei einer Generation Anklang fanden, die der alten phylogenetischen Spekulationen überdrüssig geworden war, aber noch keine anderen spekulativen Richtungen vor-

bereitet hatte. Von den beiden Teilen des Buches hat die erste Auflage des ersten Teiles noch am meisten von der alten Auffassung der Biologie. Im Vorwort jedoch zum zweiten Teil äußert der Verfasser sein Bedauern darüber, daß er früher zu stark an eine objektive Wissenschaft geglaubt habe, und in der zweiten Auflage des Teiles I, die zuletzt erschienen ist, erklärt Rádl, daß er eine realistische Weltanschauung lehren wolle von der Art, wie sie in Dostojewskis Romanen ihren tiefsten Ausdruck finde. Ferner tritt in dem Werk eine sich fortlaufend steigernde panegyrische Begeisterung für Aristoteles zutage, der für das unerreichte Muster eines Naturphilosophen erklärt wird. Aber zugleich wird auch Aristoteles' Gegner und Gegensatz Paracelsus stark bewundert. Stahls Vitalismus wird verherrlicht, ebenso wie die romantische und idealistische Spekulation im allgemeinen, während die exakte Forschung, besonders die Zytologie, deren Methoden der Verfasser selbst, wenn auch mit wenig Geschick angewendet hat, der Darwinismus und die exakte Vererbungsforschung herabgesetzt und als Materialismus verurteilt werden. Der Subjektivismus des Verfassers gipfelt im Ausspruch, es gebe keine objektive Wissenschaft, alles Interesse beruhe auf den Persönlichkeiten, die in der Geschichte der Wissenschaft hervortreten. Das mag eine gewisse Berechtigung haben, sofern es sich auf Äußerungen rein ideellen Strebens der Menschheit bezieht, aber die Naturwissenschaft beruht unstreitig auf Tatsachen, die allen gleich erscheinen. Wer das nicht anerkennen will, tut klug, der exakten Wissenschaft den Rücken zu kehren. Auch Rádl tat es, denn er ist jetzt Professor der Naturphilosophie in Prag.

Im allgemeinen ist es wenig lohnend sich vom biologischen Standpunkt aus in die Arbeiten der modernen Vitalisten zu vertiefen. Einige von ihnen haben sich mit erkenntnistheoretischen Spekulationen beschäftigt, wie z. B. Jacob von Uexküll, der der Ansicht ist, daß nur ein Teil der Lebensvorgänge mechanisch faßbar sei, während derjenige Teil, welcher den mechanischen Vorgängen ihre „Zielstrebigkeit" gibt, übermechanisch sei und auf die Impulse einer planmäßigen Naturkraft zurückgeführt werden müsse. Die mechanische Biologie befasse sich mit der Einpassung eines jeden Lebewesens in gewisse gegebene Verhältnisse, die dem Organismus seine Begrenzung geben. In der Regenwurmwelt gebe es nur Regenwurmverhältnisse, während der Mensch nur menschliche Dinge wahrnehmen könne. In der Analyse der verschiedenen Lebensverhältnisse und der Ergründung der Gesetze, nach denen diese Wechselwirkung zwischen Individuum und Umwelt statthat, sieht er das Ziel der Biologie. Andere Vitalisten verfielen in vollkommene Mystik, und schließlich hat die erwähnte neulamarckistische Richtung, welche durch Pauly und seine Schüler vertreten wird, in den Lebensvorgängen, be-

sonders in der Entwicklung, den Ausdruck für zielbewußt arbeitende geistige Kräfte in der lebenden Substanz sehen wollen. Das gemeinsame in allen diesen verschiedenartigen Bestrebungen war der Versuch, den Unterschied zwischen der lebenden und der unbelebten Materie zu ermitteln, und herauszufinden, was die eigenartige Beschaffenheit der Lebenserscheinungen bedinge. Da die Methoden der Physik und Chemie dabei versagten, suchte man auf anderen Wegen das Ziel zu erreichen. Daß aber auch diese Mittel resultatlos blieben, sahen wir. Unter solchen Verhältnissen wäre der vernünftigste Ausweg weder Mechanismus, noch Vitalismus, sondern Resignation gewesen. Aber dieser Weg ist nicht eingeschlagen worden und wird wohl auch in Zukunft nicht gewählt werden, und zum Glück, mag man wohl sagen, denn fände sich bei den Menschen nicht der Glaube an die Möglichkeit, des Lebens ungelöste Rätsel zu lösen, so gäbe es auch keine Wissenschaft. Jede Irrung, die einem ehrlichen Streben nach Wahrheit entsprang, hat in jedem Falle den Kenntnisschatz der Menschheit bereichert, und wenn auch nur um ein negatives Ergebnis, und die oben geschilderten Spekulationen sind in dieser Hinsicht keineswegs wertlos gewesen.

2) Der Artbegriff und einige damit zusammenhängende Fragen.

In einem vor einiger Zeit veröffentlichten Referat über die Ergebnisse der Vererbungsforschung steht zu lesen: ,,Gerade wegen der großen Anzahl neuer Tatsachen, die die moderne Vererbungsforschung an den Tag gebracht hat, herrscht gegenwärtig bezüglich der Artbildung ein Chaos der Ansichten". Diese Worte kennzeichnen sowohl die Lage des Artproblems in unseren Tagen, als auch die Ursachen, welche diese Lage schufen. Die moderne Vererbungsforschung hat die von der alten morphologischen Systematik gezogenen Kreise gründlich zerstört. Wie wir uns erinnern, war Linnés Artbegriff im wesentlichen genetisch. Er zählte so viele Arten, als von Anbeginn geschaffen waren, oder in seinen späteren Jahren wenigstens einige geschaffene Arten in jeder Gattung, aus denen sich die übrigen Arten entwickelt hatten. Dieser Artbegriff ließ sich sehr gut mit dem idealistischen Artbegriff aus den alten Zeiten der griechischen Philosophie und mit demjenigen der Biologie des romantischen Zeitalters vereinigen, denn in allen diesen Fällen interessierte man sich mehr für die in der Artform ausgedrückte Idee, als für die Abstammung. Der Darwinismus brachte wieder den genetischen Artbegriff zu Ehren. Nach der Ansicht Gegenbaurs, Haeckels und ihrer Schüler bestand das Ziel der Biologie in der Ermittelung der Abstammung der verschiedenen Lebensformen auf Grund allseitiger Vergleichung ihrer äußeren und inneren Gestaltung. Es sollte also eine natürliche Systematik geschaffen werden, die auf wirklicher Verwandtschaft der Arten beruhte,

die, wie angenommen wurde, freilich variieren und ineinander übergehen, aber doch in ihren typischen Formen bestimmt und charakterisiert werden konnten. Dieser genetische Artbegriff beruhte jedoch auf der unvermeidlichen Voraussetzung, daß man nämlich aus der Ähnlichkeit unbedingt auf Verwandtschaft schließen könne. Je größer und allseitiger die Ähnlichkeit, um so größer die Verwandtschaft, und jede Art, ja jede Varietät müßte eine gemeinsame Abstammung haben, denn das bewiese die gegenseitige Ähnlichkeit ihrer Individuen. Diese Grundlage des Artbegriffes ist es, die die moderne Vererbungsforschung zerstört hat, denn sie hat deutlich bewiesen, daß eine sehr große morphologische Ähnlichkeit in gewissen Fällen auf ganz verschiedenen Ursachen beruhen könne, und daß nicht die äußere Ähnlichkeit, sondern die Übereinstimmung der Erbfaktoren eine wirkliche Verwandtschaft beweise, d. h. nicht phänotypische, sondern genotypische Ähnlichkeit sei für die Verwandtschaft entscheidend. Nun aber sind die Arten in allen systematischen Werken ausschließlich phänotypisch beschrieben, und die genotypische Übereinstimmung kann nur auf experimentellem Wege ermittelt werden, der in der Praxis nur in geringem Maße anwendbar ist. Der Pflanzengeograph, der Standorte verzeichnet, oder Verbreitungskarten im eigenen oder in fremden Ländern entwirft, wäre in der größten Verlegenheit, wenn er mit jeder Form, die er sieht, Bastardierungsversuche vornehmen müßte, um ihre Indentität festzustellen. Dasselbe gilt von Morphologen und Systematikern. Unter solchen Umständen scheint es unumgänglich nötig zu sein, daß entschieden werde, was die Kategorien des Systems eigentlich zu bedeuten haben. Leider hat in dieser Frage keine Einigung erzielt werden können. Die Ansichten standen einander schroff gegenüber und ihre Verfechter waren sehr wenig gewillt, nachzugeben. Im folgenden sollen ein paar Proben solcher Meinungsverschiedenheiten angeführt werden.

Der holländische Vererbungsforscher J. P. Lotsy nahm einen unerbittlich strengen genetischen Standpunkt ein. Was ist eine Art, fragt er in einer von seinen Abhandlungen und gibt folgende Antwort: eine Art im Sinne Linnés ist keine Art, denn sie umfaßt eine Menge verschiedener Lebensformen, deren Äußeres eine gewisse Gleichheit zeigt, über deren Herkunft man aber nichts sagen kann. Die Linnéschen Arten sind daher reine Gedankenprodukte, ebenso wie die Gattungen und andere höhere Gruppen des Systems, und sie dürfen daher nicht Arten, sondern Linneonten genannt werden. Aber auch die Kleinarten, in die manche Linnésche Arten geteilt werden und die sich konstant erhalten, sind keine rechten Arten. Diese, die im Beginn des 19. Jahrhunderts vom französischen Botaniker Jordan besonders studiert wurden, sollen ihm zu Ehren Jordanonten benannt werden, da man ihre innere

Gleichheit nicht ermitteln kann und sie daher keine Arten sind. Eine Art ist dagegen eine Zusammenfassung aller homozygoten Individuen von derselben Erbbeschaffenheit. „Es sind demnach nicht einmal alle reinen Linien im Sinne Johannsens richtige Arten, sondern sie sind es nur dann, wenn sie zugleich auch Homozygoten sind, und bei Organismen, die sich ungeschlechtlich fortpflanzen, kann man nie wissen, ob sie Arten sind, denn das kann nur durch die Analyse von Bastardierungsexperimenten ermittelt werden." Unter solchen Umständen ist es nicht sicher, ob überhaupt Arten in der Natur existieren.

Diese Schlußfolgerungen Lotsys beweisen deutlich, daß das Festhalten am genetischen Artbegriff zu Ungereimtheiten führt. Selbst erkennt er an, daß bloß Linneonten und Jordanonten in der praktischen Systematik Bedeutung haben. Seine ganze Beweisführung ist in der Tat ein schlagender Beweis für die Macht der Sprache über den Gedanken. Lotsy will, daß das, was man eine Art nennt, eine genetische Einheit sei, und gelangt schließlich dahin, daß er nicht weiß, ob sich Arten in seinem Sinne überhaupt in der Natur finden. Andere Vererbungsforscher haben aus diesem Resultat eine Lehre gezogen, und Heribert-Nilsson schlägt vor, das Wort Art in der Form anzuwenden, wie es Linné tat. Dadurch wird der Artbegriff freilich rein morphologisch und „die systematische Art ein phylogenetisches Konglomerat", aber man hat ja für die genetischen Arten die neuen Bezeichnungen Genotyp und reine Linie. Die Notwendigkeit des Verzichtes auf den genetischen Artbegriff ist auch von vielen anderen eingesehen worden. So hebt Ernst Lehmann in seiner Polemik gegen Lotsy hervor, die Arten seien abstrakte, willkürliche Begriffe, und führt nicht wenige Äußerungen anderer Forscher als Stütze für seine Ansicht an.

Daß die systematische Art im alten Sinne, die Individuen von einer gewissen gegenseitigen Gleichheit umfaßt, eine große und unverkennbare Bedeutung in rein praktischer Hinsicht hat, läßt sich ohne weiteres einsehen. Ihre Bedeutung ist aber auch morphologisch und physiologisch, da verschiedenartige Übereinstimmungen, sowohl äußere als auch innere, einen und denselben Organismentypus auszeichnen, von den einfachsten, in den Handbüchern angeführten Merkmalen bis zur Präzipitinreaktion. Aber die Artcharaktere, die gegenseitige Gleichheit, sagen, wie festgestellt ist, nichts über die gegenseitige Verwandtschaft aus, und die Vererbungsforschung ist derjenige Zweig der Biologie, der den Artbegriff nicht anders als unter experimenteller Kontrolle anwenden kann. Übrigens haben manche von den Vertretern der modernen Vererbungsforschung nicht auf die alten Spekulationen über die Phylogenese der Arten verzichtet, sondern es herrscht ein buntes Durcheinander von Ansichten über die Abstammungsfrage. Das Problem ist infolge verschiedener Meinungen

über das Verhältnis zwischen Mutationen und Mendelspaltung noch komplizierter geworden. Während z. B. Heribert-Nilsson findet, daß Mutationen, wo sie vorkommen, nur den Verlust von Erbfaktoren verursachen, und daher der Entwicklungsverlauf nur als eine Folge von Verminderungen des ursprünglichen Materials an Genen gedacht werden kann, haben die Drosophilaspezialisten festgestellt, daß Mutationen vorgekommen sind, die wirklich neue Anlagen schufen. Die Auffassung der Entwicklung des Lebens auf der Erde muß unbedingt durch dieses Problem beeinflußt werden. Heribert-Nilsson hat entschlossen die Konsequenz aus seiner Theorie gezogen, daß nur Verlustmutationen gefunden werden, und erklärt, daß eine Entwicklungstheorie überhaupt undenkbar wäre. Andere Genetiker meinten, diesen verzweifelten Ausweg nicht nötig zu haben. Besonders Baur hat durch Kombination der Ergebnisse der Mutations- und Bastardierungsforschung mit Darwins Selektionstheorie eine Entwicklungstheorie zu schaffen versucht. Andere Vererbungsforscher haben eine Art von Mutationslamarckismus im Auge gehabt, indem sie annahmen, daß Mutationen durch die Einwirkung äußerer Verhältnisse auf das Keimplasma hervorgerufen würden.

Dieses ganze Entwicklungsproblem ist gewiß äußerst kompliziert und seine Besprechung müßte, was unsere Zeit betrifft, mit einer Anzahl unbeantworteter Fragen abschließen. Daß die Auslese nicht in der Form wirkt, wie Darwin sich dachte, muß wohl für bewiesen angesehen werden, aber ist sie denn überhaupt vorhanden? Daß durch das Eingreifen äußerer Umstände, namentlich solcher, die gewaltsam eingreifen, eine Auslese stattfinden kann, ist ja klar, denn sät man z. B. in einem im Norden gelegenen Lande verschiedene Samen aus einem südlicheren Klima, so werden die empfindlicheren Pflanzen eingehen und die kräftigeren leben bleiben. Aber diese Auswahl geschieht nur durch die Kältewirkung und beweist nichts hinsichtlich der Beschaffenheit der Individuen in anderer Beziehung. Besteht aber der Wettbewerb zwischen den Individuen, der nach Haeckel die eigentliche Auslese bewirken sollte, oder ist er nur, wie O. Hertwig behauptet, eine Einbildung? Und wie steht es um die äußere Einwirkung, hat sie denn gar keinen Einfluß auf das Keimplasma der Individuen und ihrer Nachkommen, oder gibt es wirklich eine solche in der vom Mutationslamarckismus vermuteten Form?

Auf diese und viele andere Fragen muß die Zukunft antworten. Wir haben die Geschichte der Biologie bis in unsere Tage verfolgt, und unsere Aufgabe ist beendet.

Quellen und Literatur.

Quellen.

Kapitel I—X.

Aelianus, Werke übersetzt von Jakobs. Stuttgart 1839.
Aristoteles, Historia animalium, ed. Aubert et Wimmer. Leipzig 1868.
—, De partibus animalium, ed. Frantzius. Ibid. 1853.
—, De generatione animalium, ed. Aubert et Wimmer. Ibid. 1860.
—, Physica, ed. Prantl. Ibid. 1854.
Diel, Die Fragmente der Vorsokratiker. Berlin 1903.
Galeni opera, ed. Kühn. Leipzig 1821.
—, Oeuvres choisies, trad. Daremberg. Paris 1854.
Lucretii de rerum natura, ed. Munro. Cambridge 1893.
Platon, Timaios, ausgewählte Dialoge, übersetzt von Dalsjö. Stockholm 1870. (Schwedisch.)
Plinii naturalis historiae libri VIII—XI, ed. Junius. Leipzig 1856.

Kapitel XI—XIV.

Aldrovandi, Ulysses, Ornithologia, hoc est de avibus historiae libri XII. Bologna 1599.
Bacon, Francis, Works. London 1847.
Belon, Pierre, La nature et diversité des Poissons. Paris 1555.
—, L'histoire des oyseaux. Ibid. 1555.
Bruno, Giordano, Von der Ursache, dem Prinzip und dem Einen, übersetzt Lasson. Berlin 1873.
Caesalpini, Andraee, Quaestionum peripateticarum libri V, ed. Vignon 1588.
Columbi, Realdi, De re anatomica libri XV. Venezia 1559.
Fabricii ab Aquapendente, Opera omnia anatomica et physiologica. Leipzig 1867.
Falloppii, Gabrielis, Observationes anatomicae. Köln 1562.
Galilei, Galileo, Opere, ed. nazionale. Firenze 1890ff.
Gesner, Conrad, Historia animalium. Zürich 1551ff.
Harvei, Guilielmi, Exercitatio de motu cordis et sanguinis in animalibus. Frankfurt 1528.
—, Exercitationes de generatione animalium. London 1551.
Rondeletii, Guilielmi, De piscibus marinis libri XC. Lyon 1554ff.
Servetus, Michael, Christianismi restitutio 1553 (ed. 1790).
Severinus, Marcus Aurelius, Zootomia Democritea. Nürnberg 1645.
Vesalii, Andreae, De humani corporis fabrica libri VII. Basel 1543.
—, Id. Epitome. Basel 1543.

Kapitel XV—XVII.

Descartes, René, Oeuvres philosophiques, ed. Aimé Martin. Paris 1882.
Helmont, J. B. van, Ortus medicinae. Amsterdam 1648.
Paracelsus, Theophrastus, Bücher und Schrifften, ed. Huserus. Basel 1589 ff.
Spinoza, Baruch, Sämtliche Werke, übersetzt Auerbach. Stuttgart 1841.

Kapitel XVIII.

Aselli, Gaspare, De lactibus sive lacteis venis. Basel 1628.
Bartholin, Thomas, De lacteis thoracicis. Kopenhagen 1652.
—, Opuscula nova de lacteis. Ibid. 1670.
Borelli, Alfonso, De motu animalium, ed. 2. Leiden 1685.
Glisson, Francis, Anatomia hepatis. Amsterdam 1659.
Graaf, Reinier de, Opera omnia, ed. 2. Amsterdam 1705.
Grew, Nehemia, The anatomy of vegetables. London 1672.
Leeuwenhoek, Antony, Opera omnia. Leiden 1722.
Malpighi, Marcello, Opera omnia. Leiden 1687.
—, Opera posthuma. Amsterdam 1698.
Pecquet, Jean, Experimenta nova anatomica. Amsterdam 1661.
Perrault, Claude, Essais de physique. Paris 1680.
Rudbeck, Olof, De circulatione sanguinis. Uppsala 1652.
—, Nova exercitatio anatomica. Ibid. 1653.
Ruysch, Frederik, Opera omnia. Amsterdam 1721.
Steno, Nicolaus, De musculis et glandulis. Kopenhagen 1664.
—, Elementorum myologiae specimen. Florenz 1667.
—, De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Ibid. 1669.
Swammerdam, Jan, Bibel der Natur. Leipzig 1752.
Wharton, Thomas, Adenographia. London 1656.
Vieussens, Raymond, Neurographia universalis. Lyon 1685.
Willis, Thomas, Cerebri anatome. London 1664.
—, De anima brutorum. Ibid. 1672.

Kapitel XIX.

Boerhaave, Hermann, Institutiones medicae, ed. 3. Leiden 1720.
Hoffmann, Friedrich, Fundamenta medicinae. Halle 1703.
—, Medicina rationalis. Ibid. 1739.
Stahl, G. E., Theoria medica vera. Halle 1737.
Sydenham, Thomas, Works ed. Greenhill. London 1849.
Swedenborg, E., Oeconomia regni animalis. London 1740.
—, Regnum animale. London 1745.

Kapitel XX, XXI.

Artedi, Peter, Ichthyologia. Leiden 1738.
Bauhin, Caspar, Prodromus theatri botanici. Frankfurt 1620.
—, Pinax theatri botanici. Ibid. 1623.
Brunfels, Otto, Herbarum vivae eicones. Straßburg 1530 ff.
Camerarius, R. J., Das Geschlecht der Pflanzen, übersetzt Möbius. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig 1899.
Cesalpino, Andrea, De Plantis. Rom 1603.
Fabricius, J. Ch., Species insectorum. Hamburg 1781.
Fuchs, Leonhard, Historia stirpium. Basel 1542.
Jung, Joach. Isagoge phytoscopica. Hamburg 1678.

Linné, Carl von, Amoenitates academicae, vol. 1—10. Leiden u. a. 1749ff.
—, Classes plantarum. Leiden 1738.
—, Fauna suecica, ed. 2. Stockholm 1671.
—, Fundamenta botanica. Leiden 1736.
—, Genera plantarum. ed. 2. Leiden 1742.
—, Methodus plantarum. Leiden 1737.
—, Schriften herausgegeben von der Schwed. Akademie der Wissenschaften. Uppsala 1907.
—, Systema naturae, ed. 1, 2, 6, 10, 12. Leiden 1735. Stockholm 1740, 1748, 1758, 1766.
—, Jugendschriften, herausgegeben Ährling. Stockholm 1888.
Ray, John, Methodus plantarum, ed. 1, 2. London 1682, 1733.
—, Historia plantarum. Ibid. 1686ff.
—, Synopsis animalium quadrupedum. Ibid. 1693.
Tournefort, J. P. de, Institutiones rei herbariae, ed. 2. Paris 1700.

Kapitel XXII—XXV.

Albinus, Icones ossium foetus humani. Leiden 1737.
—, Tabulae sceleti et musculorum corporis humani. Ibid. 1747.
Bonnet, Charles, Contemplation de la nature. Amsterdam 1769.
—, Insectologie, ed. 2. Ibid. 1780.
—, La palingénésie philosophique. Lyon 1770.
Buffon, G. L. L. de, Historie naturelle. Paris 1749ff.
—, Oeuvres complètes. Ibid. 1778ff.
Camper, Petrus, Kleinere Schriften. Leipzig 1788.
De Geer, Charles, Mémoires pour servir à l'histoire des insectes. Stockholm 1752ff.
Hales, Stephen, Statical essays. London 1738.
Haller, Albrecht von, Anfangsgründe der Physiologie des Menschen, übersetzt J. S. Haller. Berlin 1759ff.
—, Bibliotheca anatomica. Bern 1774.
—, Mémoires sur la nature. Lausanne 1746ff.
—, Über sensible und irritable Teile des Körpers. Schwed. Akademie der Wissenschaften, Verhandl. Bd. XLV. Stockholm 1753.
—, Primae lineae physiologiae. Göttingen 1747.
Hunter, John, Works. London 1835.
Koelreuter, J. G., Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen. Ostwalds Klassiker 1893.
La Mettrie, J., O. de, Oeuvres philosophiques. Berlin 1774.
Lieberkühn, J. N., Dissertatio — — de fabrica etc. villorum intestini. Leiden 1745.
Lyonet, Pierre, Traité anatomique de la chenille etc. Haag 1746.
Pallas, P. S., Elenchus zoophytorum. Haag 1766.
—, Miscellanea zoologica. Ibid. 1766.
—, Novae specis quadrupedum etc. Erlangen 1778.
Réaumur, A. F. de, Mémoires pour servir à l'histoire des insectes. Paris 1734ff.
Rösel v. Rosenhof, Monatliche Insektenbelustigungen. Nürnberg 1753ff.
Spallanzani, L., Expériences pour servir à l'histoire de la génération. Genève 1785.
—, Programme — — d'une ouvrage sur les réproductions animales. Ibid. 1768.
Sprengel, Conrad, Das entdeckte Geheimnis der Natur. Ostwalds Klassiker. Leipzig 1894.
Trembley, A., Memoires pour servir à l'histoire d'une polype d'eau douce. Leiden 1744.
Wolff, C. F., Theoria generationis, ed. 2. Halle 1774.

Kapitel XXVI—XXVIII.

Agardh, C. A., Lehrbuch der Botanik. Malmö 1829ff. (Schwedisch.)
Carus, C. G., Grundzüge der vergleichenden Anatomie. Dresden 1828.
—, Natur und Idee. Wien 1861.
Darwin, Erasmus, Zoonomie, übersetzt Brandis. Hannover 1795.
Goethe, J. W., Sämtliche Werke. Cotta, Stuttgart 1851ff.
Herder, J. G., Sämtliche Werke. Berlin 1887ff.
Hwasser, I., Kleinere Schriften. Uppsala 1839. (Schwedisch.)
—, Ausgewählte Schriften. Stockholm 1868ff. (Schwedisch.)
Ingenhousz, J., Experiments upon vegetables. London 1779.
Kant, J., Gesammelte Schriften. Berlin 1902.
Lavoisier, A. L., Oeuvres. Paris 1863ff.
Nees von Esenbeck, C. G., Handbuch der Botanik. Nürnberg 1820.
Oken, Lorenz, Naturgeschichte für alle Stände. Stuttgart 1841ff.
—, Naturphilosophie. Jena 1809.
Priestley, J., Experiments and observations on different kinds of air. London 1775.
Saussure, N. Th. de, Recherches chimiques sur la végétation. Paris 1804.
Schelling, F. W. J., Sämtliche Werke. Stuttgart 1856ff.

Kapitel XXIX—XXXI.

Barthez, P. J., Nouveaux éléments de la science de l'homme. Montpellier 1778.
Bichat, F. M. X., Anatomie générale, ed. 2. Paris 1818.
—, Traité d'anatomie descriptive. Ibid. 1801.
—, Traité des membranes, ed. 2. Ibid. 1802.
Blumenbach, J. F., Collectionis suae craniorum etc. decades VI. Göttingen 1790.
—, Handbuch der Naturgeschichte. Göttingen 1803.
—, Über die natürlichen Verschiedenheiten im Menschengeschlechte, übersetzt Gruber. Leipzig 1798.
—, Über den Bildungstrieb. Göttingen 1791.
Bordeu, H. de, Recherches anatomiques sur la position des glandes, ed. 2. Paris 1799.
Cuvier, G., Le régne animal. Paris 1817ff.
—, Leçons d'anatomie comparée. Ibid. 1799ff.
—, Recherches sur les ossemens fossiles de quadrupèdes. Ibid. 1812ff.
Gall, F. J., Lehre über die Verrichtungen des Gehirns. Dresden 1805.
— et Spurzheim, Recherches sur le système nerveux etc. Paris 1809.
—, Sur l'origine des qualités morales. Ibid. 1822ff.
Humboldt, A. von, Ansichten der Natur. Stuttgart 1849.
—, Kosmos. Stuttgart 1845ff.
—, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Berlin 1797.
Lamarck, J. B. de, Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Paris 1815ff.
—, Mémoires de physique et d'histoire naturelle. Paris 1797.
—, Philosophie zoologique, ed. 2. Ibid. 1873.
—, Recherches sur l'organisation des corps vivants. Ibid. 1802.
Reil, J. C., Archiv für Physiologie, 1796, Bd. I.
Sömmerring, S. T., De corporis humani fabrica. Frankfurt 1794ff.
—, Über das Organ der Seele. Königsberg 1796.
Vicq d'Azyr, Félix, Oeuvres. Paris 1805ff.
—, Traité d'anatomie et de physiologie. Ibid. 1786.

Kapitel XXXII—XXXIV.

Baer, K. E. von, Über Entwicklungsgeschichte der Tiere. Königsberg 1828ff.
—, De ovi mammalium et hominis genesi. Leipzig 1827.
Bell, Ch., Die menschliche Hand, übersetzt Hauff. Stuttgart 1836.
—, Idea of a new anatomy of brain, ed. Ebstein. Klassiker der Medizin, herausgegeben Sudhoff. Leipzig 1911.
Bernard, Claude, La science experimentale. Paris 1878.
—, Leçons de physiologie experimentale. Ibid. 1855.
—, Leçons sur les phénomènes de la vie. Ibid. 1878.
Berzelius, J. J., Vorlesungen über Tierchemie. Stockholm 1806ff. (Schwedisch, deutsche Übersetzung von Wöhler.)
Blainville, H. M. D. de, Traité des animaux. Paris 1822ff.
Fourcroy, A. F., Philosophia chemica, übersetzt Sparrmann. Stockholm 1795. (Schwedisch.)
Magendie, F., Leçons sur les phénomènes physiques de la vie. Paris 1836.
—, Précis élémentaire de physiologie, ed. 5. Bruxelles 1838.
Meckel, J. F., System der vergleichenden Anatomie. Halle 1821ff.
Müller, Johannes, Bildungsgeschichte der Genitalien. Düsseldorf 1830.
—, Handbuch der Physiologie des Menschen. Koblenz 1837—1840.
—, Über den Bau usw. des Amphioxus. Berlin 1844.
—, Vergleichende Anatomie der Myxinoiden. Ibid. 1835—1840.
—, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig 1826.
Pander, H. C., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Eye. Würzburg 1817.
Purkinje, J. E., Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Berlin 1825.
—, De phaenomeno etc. motus vibratorii continui. Breslau 1835.
—, Symbolae ad ovi avium historiam. Ibid. 1825.
Rathke, H., Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Physiologie. Danzig 1842.
—, Bemerkungen über den Bau des Amphioxus usw. Königsberg 1841.
—, Untersuchungen über den Kiemenapparat. Riga 1832.
Rudolphi, C. A., Entozoorum synopsis. Berlin 1819.
—, Grundriß der Physiologie. Ibid. 1821ff.
Scheele, C. W., Briefe und Aufzeichnungen, herausgegeben A. E. Nordenskiöld. Stockholm 1892. (Zum Teil schwedisch.)

Kapitel XXXV.

Henle, J., Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841.
—, Symbolae ad anatomiam villorum intestinalium. Berlin 1837.
—, Aufsätze im Archiv für Anatomie und Physiologie.
Kölliker, A., Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden. Zürich 1844.
—, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere. Leipzig 1861.
—, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Ibid. 1852.
—, Abhandlungen in der Zeitschrift für wiss. Zoologie und im Archiv für Anatomie und Physiologie.
Leydig, F., Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Tiere. Frankfurt 1857.
—, Abhandlungen im Archiv für Anatomie und Physiologie und in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.
Mohl, Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. Braunschweig 1851.
—, Vermischte Schriften. Tübingen 1845.

Mohl, Abhandlungen in der Botanischen Zeitung.
Nägeli, K., Zur Entwicklungsgeschichte des Pollens. Zürich 1842.
Reichert, K. B., Beiträge zur heutigen Entwicklungsgeschichte. Berlin 1843.
—, Bemerkungen zur vergleichenden Naturforschung usw. Dorpat 1845.
—, Das Entwicklungsleben im Wirbelthierreich. Berlin 1840.
—, Abhandlungen im Archiv für Anatomie und Physiologie.
Remak, R., Abhandlungen im Archiv für Anatomie usw., in den Comptes rendus de l'Academie des Sciences u. a.
Schleiden, M., Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. Leipzig 1842.
—, Abhandlungen im Archiv für Anatomie und Physiologie.
Schwann, Th., Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839.
Virchow, R., Die Cellularpathologie. Berlin 1858.
—, Gesammelte Abhandlungen. Frankfurt 1856.
—, Abhandlungen im Archiv für pathologische Anatomie.

Kapitel XXXVI.

Brown, R., Botanische Schriften, ed. Nees v. Esenbeck. Leipzig 1825ff.
Candolle, A. de, Physiologie végétale. Paris 1832.
—, Théorie élémentaire de la botanique, éd. 2. Ibid. 1918.
Du Bois-Reymond, E., Reden. Leipzig 1886.
—, Untersuchungen über thierische Elektrizität. Berlin 1848ff.
Dujardin, F., Histoire naturelle des infusoires. Paris 1841.
Ehrenberg, C. G., Die Infusionsthiere als vollkommene Organismen. Leipzig 1838.
Endlicher, S., Enchiridion botanicum. Leipzig 1841.
—, Genera plantarum. Ibid. 1836ff.
Fries, E., Lichenograhia europaea reformata. Lund 1831.
—, Systema mycologicum. Lund und Greifswald 1820ff.
Hedwig, J., Theoria generationis etc. plantarum cryptogamicarum, ed. 2. Leipzig 1798.
Helmholtz, H., Vorträge und Reden, 3. Aufl. Braunschweig 1903.
—, Wissenschaftliche Abhandlungen. Leipzig 1882.
Jussieu, A. L. de, Genera plantarum. Paris 1789.
Leuckart, R., Über die Morphologie der wirbellosen Thiere. Braunschweig 1848.
—, Über den Polymorphismus der Individuen. Gießen 1851.
—, Die menschlichen Parasiten. Leipzig 1863.
—, Abhandlungen in Müllers Archiv.
Ludwig, K. F. W., Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Heidelberg 1852.
Mayer, R., Die Mechanik der Wärme in: gesammelte Abhandlungen, herausgegeben Weyrauch. Stuttgart 1893.
Müller, O. F., Vermium terrestrium et fluviatilium historia. Kopenhagen 1773.
—, Animalcula infusoria. Ibid. 1786.
Nordmann, A., Micrographische Beiträge. Berlin 1832.
Owen, R., On the archetype and homologies of the vertebrate skeleton. London 1848.
—, Lectures on the comparative anatomy. Ibid. 1843ff.
—, On the anatomy of vertebrates. Ibid. 1866.
—, On the nature of limbs. Ibid. 1849.
Pasteur, L., Etudes sur le vin. Paris 1868.
—, Études sur le vinaigre. Ibid. 1866.
—, Abhandlungen in Annales de chim. et de phys. und Comptes rendus de l'Acad. des sciences.

Siebold, Th. und Stannius, H., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. Berlin 1848.
Siebold, Über die Band- und Blasenwürmer. Leipzig 1854.
—, Wahre Parthenogenesis. Ibid. 1856.
—, Abhandlungen in Müllers Archiv und der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.
Stannius, Das peripherische Nervensystem der Fische. Rostock 1849.

Kapitel XXXVII.

Büchner, L., Kraft und Stoff, 7. Aufl. Leipzig 1862.
Comte, A., Cours de philosophie positive, ed. 3. Paris 1869.
Liebig, J., Chemische Briefe. Heidelberg 1844.
—, Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. Braunschweig 1840.
—, Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. Ibid. 1842.
Mill, J. S., System of logic, ed. 5. London 1852.
Moleschott, J., Kreislauf des Lebens. Mainz 1852.
Wagner, R., Menschliches Gehirn als Seelenorgan. Göttingen 1862.
—, Vortrag mit Diskussion im Bericht über die 31. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte. Göttingen 1854.
Vogt, K., Köhlerglaube und Wissenschaft, 4. Aufl. Gießen 1855.

Kapitel XXXVIII—XL.

Agassiz, L., An Essay on Classification. London 1859.
—, Recherches sur les poissons fossiles. Neuchâtel 1833ff.
—, Abhandl. in American Journal of Science and Arts.
Darwin, Ch., The structure of coral reefs. London 1842.
—, Geological observations on volcanic islands. Ibid 1844.
—, A monograph on Cirripedia. Ibid. 1851ff.
—, The origin of species, ed. 1, 2, 5. Ibid. 1859, 1860, 1872.
—, Variations of animals and plants under domestication. Ibid. 1868.
—, The descent of man. Ibid. 1871.
—, Expression of emotions. Ibid. 1872.
—, Movements and habits of climbing plants. Ibid. 1875.
—, Insectivorous plants. Ibid. 1875.
—, The effects of cross- and self-fertilization. Ibid. 1876.
—, On earth-worms. Ibid. 1881.
—, Life and Letters, ed. Fr. Darwin. Ibid. 1887ff.
Gray, A. Darwiniana. New York 1887ff.
Hooker, J. D., Flora Tasmaniae. London 1860.
Huxley, T. H., Evidence as to mans place in nature. London 1863.
—, Lectures on the elements of comparative anatomy. Ibid. 1864.
—, Lay sermons, adresses and reviews. Ibid. 1871.
—, Life and letters, ed. L. Huxley. London 1900.
—, Abhandl. in Transactions of Royal Society.
Lyell, Ch., Elements of geology. London 1832ff.
—, The geological evidences of the antiquity of man. Ibid. 1863.
Malthus, I., Essay on the Population, ed. 5. London 1817.
Quatrefages, A. de, Charles Darwin et ses précurseurs français. Paris 1870.
Spencer, H., Essays. London 1868.
—, A system of synthetic philosophy. Ibid. 1870 ff.

Wallace, A. R., Contributions to the theory of natural selection. London 1870.
—, Island life. Ibid. 1880.
—, Darwinismus. Ibid. 1889.
Wigand, A., Der Darwinismus. Braunschweig 1874ff.

Kapitel XLI, XLII.

Fürbringer, M., Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel. Amsterdam 1888.
Gegenbaur, G., Grundzüge der vergleichenden Anatomie, Aufl. 12. Leipzig 1859, 1870.
—, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Ibid. 1864ff.
—, Grundriß der vergleichenden Anatomie. Ibid. 1874.
—, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Ibid. 1898.
—, Gesammelte Abhandlungen. Ibid. 1912.
Haeckel, E., Die Radiolarien. Berlin 1862, 1888.
—, Die Kalkschwämme. Ibid. 1872.
—, Das System der Medusen. Jena 1879.
—, Generelle Morphologie. Berlin 1866.
—, Natürliche Schöpfungsgeschichte. Ibid. 1868.
—, Anthropogenie. Leipzig 1874.
—, Gesammelte Vorträge. Bonn 1878.
—, Welträtsel. Ibid. 1903.
—, Fünfzig Jahre Stammesgeschichte. Jena 1916.
—, Entwicklungsgeschichte einer Jugend. Herausgegeben Schmidt. Leipzig 1921.
—, Italienfahrt. Herausgegeben Schmidt. Ibid. 1921.
Hubrecht, A., Die Säugetierontogenese. Jena 1909.
Mach, E., Analyse der Empfindungen. Jena 1906.
—, Erkenntnis und Irrtum. Leipzig 1906.
Müller, F., Für Darwin. Leipzig 1864.

Kapitel XLIII.

Altmann, R., Die Elementarorganismen. Leipzig 1890.
Balfour, F., Works. London 1884ff.
Beneden, E. van, Recherches sur la maturation de l'oeuf. Paris 1883.
Boveri, Th., Zellenstudien. Jena 1887ff.
Braun, A., Betrachtungen über die Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.
Buchner, E. Abhandl. in den Berichten der Deutschen chemischen Gesellschaft.
Bütschli, O., Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle. Frankfurt a. M. 1876.
—, Protozoa. Bronns Klassen und Ordnungen. Leipzig 1889.
Cajal, S. Ramon, Histologie du système nerveux. Paris 1909ff.
Engelmann, Th., Abhandl. in Pflügers Archiv für Physiologie.
Engler, A., Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. Leipzig 1879.
Flemming, W., Zellsubstanz, Kern und Zellteilung. Ibid. 1882.
Fol, H., Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie. Leipzig 1896.
—, Abhandl. in Mémoires de la soc. de physique et d'histoire nat. Genf.
Goette, A., Entwicklungsgeschichte der Unke. Leipzig 1874.
Hansen, E. C., Abhandl. in den Mitteilungen des Carlsberg-Laboratoriums. Kopenhagen.
Hensen, V., Die Planktonexpedition. Kiel 1890ff.
Heidenhain, M., Plasma und Zelle. Jena 1907ff.
Heidenhain, R., Abhandl. in den Studien des Physiologischen Instituts zu Breslau.

Hertwig, O., Allgemeine Biologie, 4. Aufl. Jena 1912.
—, Das Werden der Organismen. Ibid. 1916.
—, Zur Abwehr des ethischen usw. Darwinismus. Ibid. 1918.
—, Abhandl. in Morphologische Jahrbücher, Jenaische Zeitschrift und Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie.
Hertwig, R., Lehrbuch der Zoologie. Jena 1890.
—, Abhandlungen über Protozoen in wissenschaftlichen Zeitschriften.
Hertwig, O. u. R., Untersuchungen zur Morphologie der Zelle, I—VI. Jena 1884ff.
His, W., Unsere Körperform. Leipzig 1874.
Hofmeister, W., Vergleichende Untersuchungen der Keimung höherer Kryptogamen. Leipzig 1851.
Holmgren, E., Lehrbuch der Histologie. Stockholm 1920. (Schwedisch.)
Kleinenberg, N., Hydra. Leipzig 1872.
—, Abhandl. in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1886.
Koch, R., Gesammelte Werke. Leipzig 1912ff.
Korschelt, E. und Heider, K., Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere. Jena 1902.
Kowalewsky, A., Abhandl. in den Denkschriften der Kaiserl. Akademie in St. Petersburg.
Lang, A., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. Jena 1890ff.
Lankester, E. R., Treatise on Zoology. London 1900.
Laveran, A., Nature parasitaire des accidents de l'impaludisme. Paris 1881.
Moebius, K., Fauna der Kieler Bucht. Leipzig 1865.
Nägeli, C., Entstehung des Begriffes der naturhistorischen Art. München 1865.
—, Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. Ibid. 1884.
—, Abhandl. in der Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik.
Ranvier, L., Leçons d'anatomie générale. Paris 1881.
Rollett, A., Untersuchungen über die quergestreiften Muskelfasern. Wien 1885.
Roß, R., Researches on malaria. Stockholm 1904.
Schaudinn, F., Abhandl. in den Arbeiten aus der Kaiserl. Gesundheitsamte und den Sitzungsber. der Königl. Akademie der Wissenschaften. Berlin.
Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898.
Schwendener, S., Untersuchungen über den Flechtenthallus. Leipzig 1860.
—, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotyle. Leipzig 1874.
—, Mechanische Theorie der Blattstellungen. Ibid. 1878.
Strasburger, E., Zellbildung und Zellteilung, 1.—3. Aufl. Jena 1875—1880.
Wiedersheim, R., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, 6. Aufl. Jena 1906.

Kapitel XLIV—XLVI.

Bataillon, A., Abhandl. im Archives de Zoologie expérimentale et générale.
Bateson, W., Mendels principles of heredity. Cambridge 1909.
Baur, E., Einführung in die experimentelle Vererbungslehre, 4. Aufl. Berlin 1919.
Bayliss, W., Principles of general physiology, ed. 2. London 1918.
Bethe, A., Abhandl. im Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. 70.
Bunge, G., Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie, 2. Aufl. Leipzig 1889.
Driesch, H., Analytische Theorie der organischen Entwicklung. Leipzig 1904.
—, Philosophie des Organischen. Ibid. 1909.
—, Abhandl. in den Morphologischen Jahrbüchern und der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.

Eimer, Th., Die Entstehung der Arten. Jena 1888 ff.
Galton, F., Natural inheritance. London 1889.
—, Abhandl. in Proceedings of anthropological institute. London 1875.
Giard, A., Controverses transformistes. Paris 1904.
Goebel, K., Organographie der Pflanzen. Jena 1898.
—, Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen. Leipzig 1908.
Herbst, C., Abhandl. im Archiv für Entwicklungsmechanik.
Heribert-Nilsson, N., Experimentelle Studien über Variabilität usw. in der Gattung Salix. Lund 1918.
Hertwig, O., Zeit- und Streitfragen der Biologie, I, II. Jena 1894ff.
—, Der Kampf um die Kernfragen der Entwicklungs- und Vererbungslehre. Ibid. 1909.
Höber, R., Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe, 4. Aufl. Leipzig 1914.
Johannsen, W. L., Elemente der exakten Erblichkeitslehre, 2. Aufl. Jena 1913.
—, Erblichkeit. Kopenhagen 1917. (Dänisch.)
—, Falsche Analogien, schwedisch von Larsson. Stockholm 1917.
—, Die Biologie im 19. Jahrhundert. Kopenhagen 1919. (Dänisch).
Lehmann, A., Grundzüge der Psychophysiologie. Leipzig 1912.
Loeb, J., Über den chemischen Charakter des Befruchtungsvorganges. Leipzig 1908.
—, The mechanistic conception of life. Chicago 1912.
Lotsy, J., Qu'est ce qu'une espèce. Amsterdam 1916.
Lubbock, J., On the senses, instincts and intelligence of animals. London 1888.
Mendel, G., Versuche über Pflanzenhybriden. Ostwalds Klassiker der Naturwissenschaft. Leipzig 1913.
Morgan, T., The mechanism of mendelian heredity. New York 1915.
Neumeister, R., Betrachtungen über das Wesen der Lebenserscheinungen. Jena 1903.
Nilsson-Ehle, H., Aufsätze in der Zeitschrift des Saatzuchtvereins Schwedens und in der Zeitschrift „Hereditas". Lund.
Overton, E., Über den Mechanismus der Resorption und Sekretion. Nagels Handbuch der Physiologie. Braunschweig 1907.
Pauly, Darwinismus und Lamarckismus. München 1905.
Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. Leipzig 1897ff.
Plate, L., Selektionsprinzip und Probleme der Artbildung. Aufl. 1913.
—, Vererbungslehre. Ibid. 1913.
Punnett, R. C., Mendelism. London 1911.
Rádl, E., Geschichte der biologischen Theorien der Neuzeit. Leipzig 1905—1913.
—, Neue Lehre vom zentralen Nervensystem. Ibid. 1912.
Rauber, A., Abhandl. im Morphologischen Jahrbuch 1883.
Romanes, G., Animal intelligence, ed. 3. London 1888.
Roux, W., Gesammelte Abhandlungen. Leipzig 1895.
—, Abhandl. im Archiv für Entwicklungsmechanik.
Sachs, J., Geschichte der Botanik. München 1875.
—, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882.
Semon, R., Das Problem der Vererbung erworbener Eigenschaften. Ibid. 1912.
Spemann, H., Abhandl. im Archiv für Entwicklungsmechanik.
Uhlenhuth, P., Abhandl. in der deutschen medizinischen Wochenschrift.
Wasmann, E., Die moderne Biologie, 3. Aufl. Freiburg 1906.
Weismann, A., Aufsätze über Vererbung. Jena 1892.
—, Das Keimplasma. Ibid. 1892.

Weismann, A., Über Germinalselektion. Ibid. 1896.
—, Die Selektionstheorie. Ibid. 1909.
Verworn, M., Allgemeine Physiologie, 5. Aufl. Jena 1909.
Vries, H., de, Die Mutationstheorie. Leipzig 1901ff.
—, Abhandl. in den Berichten der deutschen botanischen Gesellschaft.
Wundt, W., Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele, 2. Aufl. Hamburg 1892.

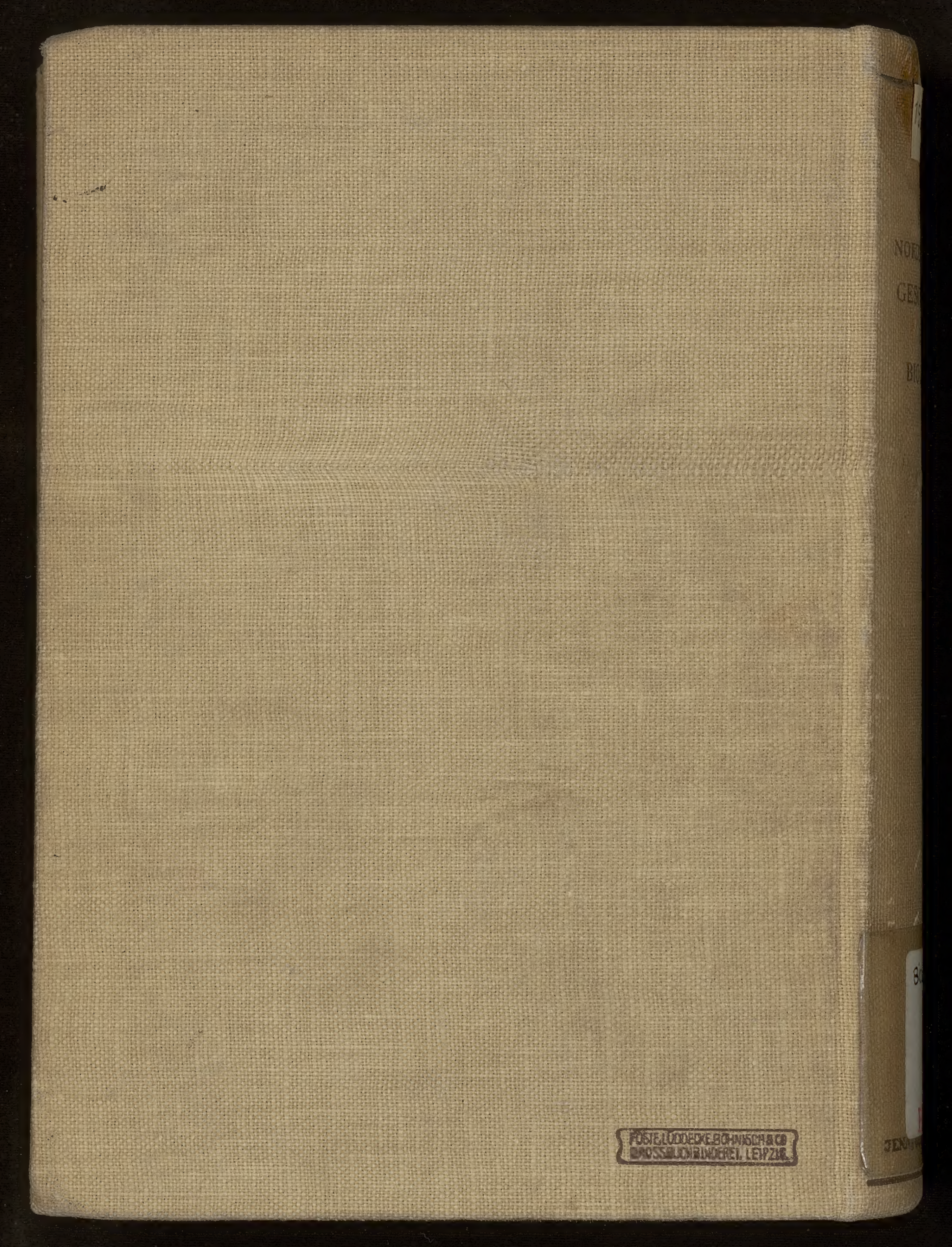
Literatur.

Boucke, Goethes Weltanschauung. Stuttgart 1907.
Burckhardt, Geschichte der Zoologie, 1. u. 2. Aufl. Leipzig 1907, 1921.
Carus, Geschichte der Zoologie. München 1872.
Eckermann, J. P., Gespräche mit Goethe. Leipzig 1836.
Fries, Th., Linné. Stockholm 1903. (Schwedisch.)
Gomperz, Griechische Denker. Leipzig 1896.
Haeser, Geschichte der Medizin. Jena 1875.
Höffding, Geschichte der neueren Philosophie. Leipzig 1895.
—, Moderne Philosophen. Kopenhagen 1904. (Dänisch.)
Hulth, J. M., Bibliographia linneana I. Uppsala.
Kohlbrugge, J. H. T., Historisch kritische Studien über Goethe als Naturforscher. Zoologische Annalen, Bd. 5—6. Würzburg 1913—1914.
Kopp, H., Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843.
Lamm, M., Swedenborg. Stockholm 1915. (Schwedisch.)
Lange, Geschichte des Materialismus, 1. u. 9. Aufl. Leipzig 1914.
May, W. Haeckel. Leipzig 1909.
Pauslen, Fr., Kant. Stuttgart 1899.
Rádl, Geschichte der biologischen Theorien, 1. u. 2. Aufl. Leipzig 1907, 1909 u. 1913.
Roth, M., Andreas Vesalius. Berlin 1892.
Sachs, J., Geschichte der Botanik. München 1875.
Zeller, Die Philosophie der Griechen. Tübingen 1879.

Namenregister.

1) Bezeichnet, daß die betreffenden Namen in einer Fußnote angeführt sind.


FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS


POSTE, LÜDDECKE, BÖHNISCH & CO
GROSSBUCHBINDEREI, LEIPZIG